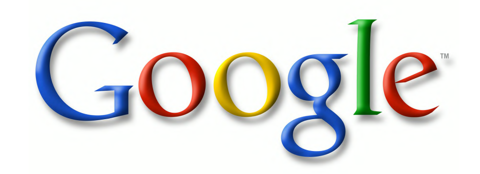
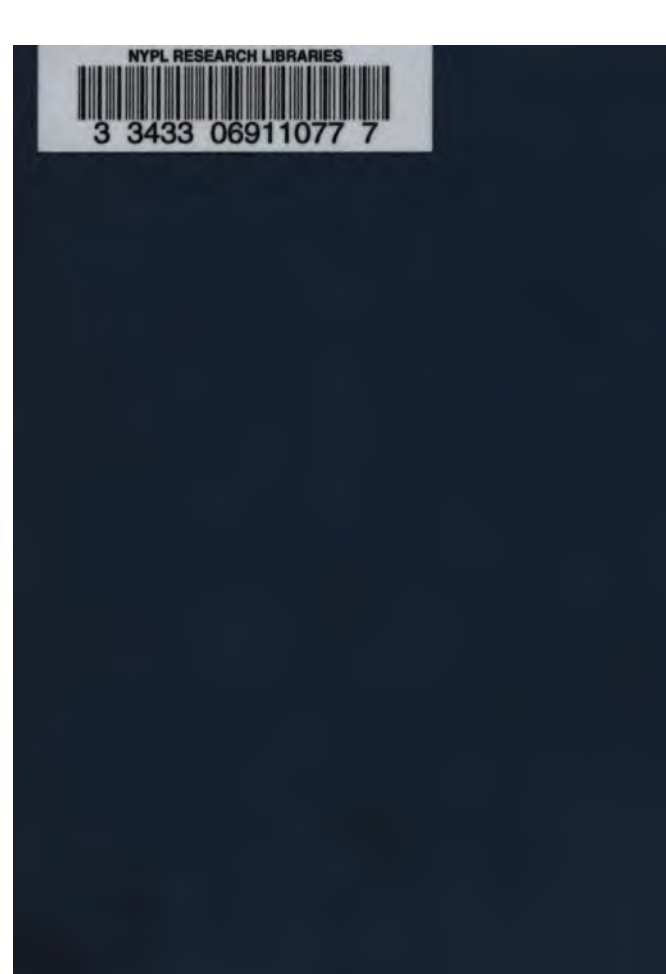
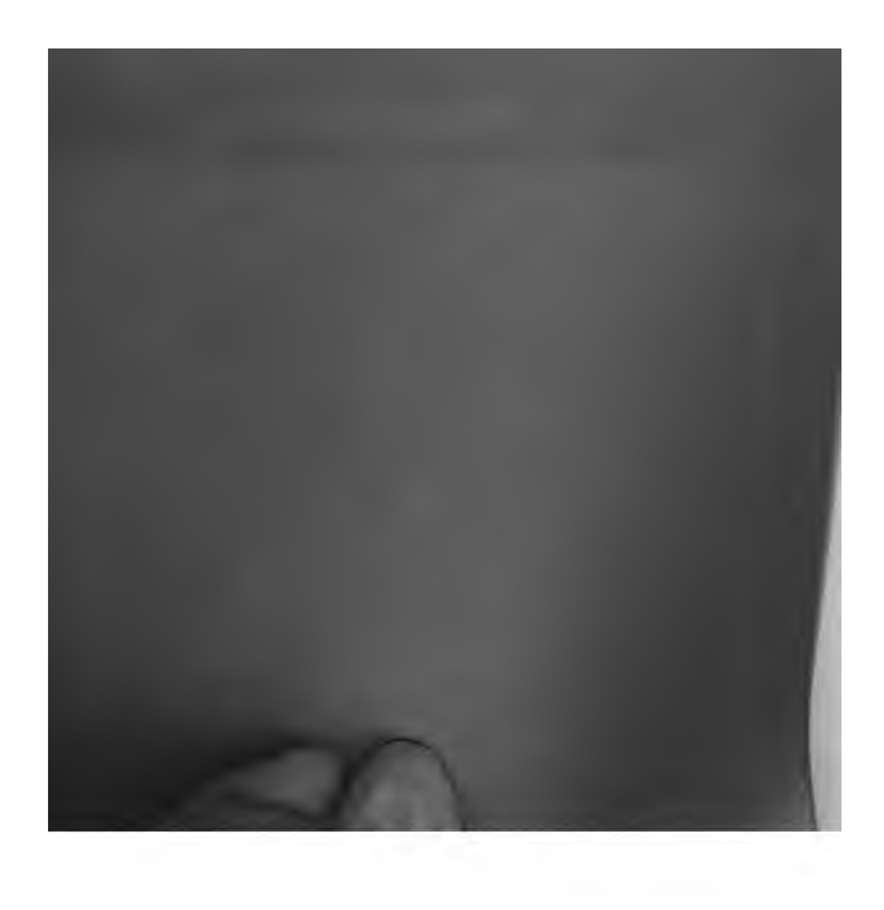



NYPL RESEARCH LIBRARIES
3 3433 06911077 7







Lehrbuch

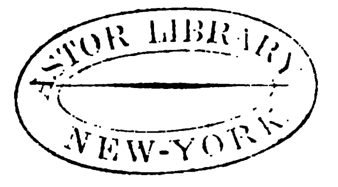
der

Meteorologie

von

Ludwig Friedrich Kämtz,

Professor an der vereinigten Friedrichs-Universität zu Halle.



Pour decouvrir les lois de la nature, il faut, avant d'examiner les causes des perturbations locales, connaître l'état moyen de l'atmosphère et le type constant de ses variations.

HUMBOLDT.

Zweiter Band.

Mit drei lithographirten Tafeln.

Halle,

in der Gebauerschen Buchhandlung

1832.

Sr. Excellenz

dem

Königlich Preußischen

wirklichen Geheimen-Rathe und Kammerherrn

Herrn

Freiherrn

Alexander von Humboldt,

und

Sr. Hochwohlgeboren

dem

öniglich Preußischen Kammerherrn

Herrn

Freiherrn

Leopold von Buch,

n Begründern einer wissenschaftlichen auf Erfahrung gegründeten Meteorologie,

widmet

diesen jugendlichen Versuch

als

Zeichen seiner größten Verehrung und Dankbarke
für die vielfache aus ihren Schriften geschöpfte
Belehrung

der Verfasser.

Vorrede.

Bei Bearbeitung dieses zweiten Theiles bin ich im Allgemeinen denselben Grundsätzen gefolgt, welche mir bei dem ersten vorschwebten: strenges Verfolgen der Erscheinungen nicht blos in qualitativer, sondern auch in quantitativer Hinsicht. Indem ich auf diese Art fortging, bemühte ich mich so viel als möglich durch Zusammenstellung der Resultate in verschiedenen Gegenden der Erde allgemeine Gesetze aufzustellen; manche dieser Gesetze sind vielleicht in einer zu großen Allgemeinheit aufgefaßt; ich rechne dazu das über Isothermen und über isobarometrische Linien Gesagte. Wenn wir einst eine größere Zahl von Beobachtungen aus entfernten Weltgegenden besitzen werden, so dürften manche der von mir gegebenen Bestimmungen bedeutend modificirt werden. Die Nothwendigkeit dieser Aenderungen darf jedoch nicht mir zum Vorwurfe gemacht werden. Es ist einmal das Schicksal der Naturwissenschaften, daß jede folgende Erfahrung die Resultate älterer Beobachtungen modificirt: Suchen wir ein Gesetz nicht blos qualitativ, sondern auch quantitativ zu begründen, so schwanken alle unsere Bestimmungen um ein mittleres Resultat, welchem wir uns zwar immer mehr nähern, je größer die Zahl der Beobachtungen wird, das wir aber erst dann erreichen, wenn letztere unendlich groß ist.

Selbst in der Astronomie, wo die Zahl der Messungen we größer, die Beobachtungen weit schärfer sind, als in der Meteorologie sehen wir, daß jede folgende Beobachtung die älter Resultate über Geschwindigkeit des Lichtes, Dichtigkeit der Planeten und andere nur durch Erfahrungen zu bestimmende Größe etwas abändert. Hat eine Wissenschaft, wo wir mehrhundert jährige Beobachtungen besitzen, dieses Schicksal, so dürfen w uns noch weniger wundern, wenn dieses bei einer Wissenscha geschieht, wo gute Erfahrungen kaum das Alter von eine halben Jahrhundert übersteigen.

In dem Gesagten müssen wir auch den Grund suche: weshalb meine Bestimmungen einiger Gegenstände so sehr v denen meiner Vorgänger abweichen. Ich rechne dahin die Is thermen. Durch die Arbeit des Herrn von Humboldt wu den die Physiker zuerst auf diesen Gegenstand aufmerksam; wurden aus verschiedenen Gegenden der Erde Beobachtung bekannt gemacht, und indem ich eine größere Zahl von Messu gen benutzen konnte, gelangte ich zu abweichenden Resultaten

Hieraus müssen endlich die Verschiedenheiten in den Za lenangaben hergeleitet werden, die sich in einigen Stellen dies zweiten Bandes finden. Die mittleren Temperaturen einig Orte, die ich in den größeren Tafeln angegeben habe, weich zum Theil um einige Zehntel eines Grades von denjenigen welche ich bei Bestimmung der Isothermen benutzte. Letzt Arbeit war vor zwei Jahren größtentheils vollendet, und we ich gleich jede folgende Beobachtung in meine Sammlung eintrug, so hielt ich es doch nicht nöthig, die ganze Unt suchung nochmals zu beginnen, weil die Endresultate wenig ändert wurden. In den Tafeln dagegen habe ich die mittler Werthe mit Anwendung der letzten mir zugekommenen Angal mitgetheilt. Hierin liegt auch der Grund, weshalb einige in den Tafeln gegebenen Orte nicht bei Bestimmung der I thermen benutzt sind. Ich rechne dahin namentlich die O

aus dem Staate Neu-York, indem ich zu der Zeit, wo der Abschnitt über Isothermen gedruckt wurde, nur zwei Jahrgänge von Beobachtungen benutzen konnte, die mir jedoch nicht hinreichend schienen, um mit den übrigen zusammengestellt zu werden. Gegenwärtig umfassen die Beobachtungen in jenen Gegenden einen Zeitraum von vier Jahren (in der Tafel sind nur drei benutzt) und eine Vergleichung derselben scheint dasjenige zu bestätigen, was ich über die Temperaturverhältnisse an der Ostküste America's gesagt habe.

Derjenige, welcher die mitgetheilten Rechnungen und die aus den Erfahrungen hergeleiteten Formeln näher ansieht, tadelt mich vielleicht deshalb, daß ich nur an wenigen Stellen die aus diesen Functionen folgenden Werthe mit den durch Erfahrung gegebenen verglichen habe. Hätte ich jedoch diese Vergleichung allenthalben annehmen wollen, so hätte sich ein großer Theil der Tafeln nicht in einen so engen Raum bringen lassen und der Band wäre mehrere Bogen stärker geworden; ich hielt dieses aber besonders deshalb für unnöthig, weil derjenige, welcher im Stande ist, Ausdrücke dieser Art zu verstehen, auch solche Zusammenstellungen selbst vornehmen kann.

In dem ersten Bande habe ich auf S. 394 einen Fehler begangen, der sich noch an mehreren Stellen desselben Bandes befindet. Es handelt sich dort vom Widerstande, welchen die Luft den Dampfbläschen, Regentropfen und andern kleinen herabfallenden Körpern entgegensetzt. Ich habe meine Rechnungen in der Folge nochmals durchgesehen und gefunden, daß ich die in Zollen gefundene Endgeschwindigkeit für Fuße genommen habe. Da der Gegenstand, so weit er sich auf das Schweben der Wolken bezieht, häufig besprochen worden ist, so will ich hier in der Kürze den Gang der Untersuchung angeben.

Bewegt sich ein Körper in einem Widerstand leistenden Mittel von constanter Dichtigkeit, so kann bekanntlich dieser

Widerstand als eine verzögernde Kraft angesehen werden, welche sich verhält wie das Quadrat der Geschwindigkeit. Ist nun s der Raum, welchen der Körper mit der Geschwindigkeit v in der Zeit t durchläuft und f eine stetig wirkende Kraft von constanter Intensität, so ist bekanntlich

$$f = \frac{vdv}{ds}.$$

Da in unserm Falle $f = v^2$ und die Geschwindigkeit abnimmt, so wird

$$v^2 ds = - vdv \text{ oder } ds = - \frac{dv}{v},$$

also

$$s = - \text{log. nat. } v + C.$$

Um die Constante zu bestimmen, nehmen wir an, der Körper habe anfänglich die Geschwindigkeit V; wenn also $s = o$ ist, so wird

$$o = - \text{log. nat. } V + C,$$

mithin

$$C = \text{log. nat. } V \text{ und}$$

$$s = \text{log. nat. } \frac{V}{v}.$$

Wenn der Körper im luftleeren Raume fällt, so bewegt er sich mit beschleunigter Geschwindigkeit, dabei nimmt der Widerstand sehr schnell zu und es folgt aus den Principien der Mechanik, daß er endlich eine Geschwindigkeit erlangt, die sehr nahe gleichförmig ist. Es sey U die Endgeschwindigkeit, welche der Körper auf diese Art erlangt, g die beschleunigende Kraft der Schwere, V irgend eine andere Geschwindigkeit und f die zugehörige verzögernde Kraft, so verhält sich

$$g : f = U^2 : V^2;$$

wenn also der Körper die Geschwindigkeit V besitzt, so ist die zugehörige verzögernde Kraft $g \frac{V^2}{U^2}$.

Es ist demnach die beschleunigende Kraft für fallende Körper

$$g - g \frac{V^2}{U^2}.$$

Setzen wir diesen Werth für f in die Formel $fds = VdV$, so wird

$$ds = \frac{U^2}{g} \cdot \frac{VdV}{U^2 - V^2}$$

und verwandeln wir $\frac{1}{U^2 - V^2}$ in eine Reihe, so wird

$$\int \frac{VdV}{U^2 - V^2} = \frac{V^2}{2U^2} + \frac{V^4}{4U^4} + \frac{V^6}{6U^6} + \ldots\ldots + C$$

$$= -\tfrac{1}{2} \log \left(1 - \frac{V^2}{U^2}\right) + C,$$

folglich wird

$$s = -\frac{U^2}{2g} \log \left(1 - \frac{V^2}{U^2}\right) + \text{Const.}$$

Ist $V = o$, so wird $s = o$, also $C = o$ und es ist

$$s = -\frac{U^2}{2g} \log \frac{U^2 - V^2}{U^2} = \frac{U^2}{2g} \log . \frac{U^2}{U^2 - V^2}$$

Da ferner $dt = \frac{ds}{V}$, so wird

$$dt = \frac{u^2}{g} \frac{dV}{U^2 - V^2} = \frac{U^2}{g} \left(\frac{dV}{U^2} + \frac{V^2 dV}{U^4} + \frac{V^4 dV}{U^6} + \ldots\right).$$

$$t = \frac{U}{g} \left(\frac{V}{U} + \frac{V^3}{3U^3} + \frac{V^5}{5U^5} \ldots\right)$$

$$= \frac{U}{2g} \log \frac{U+V}{U-V}.$$

Wenn sich nun ein Körper in einem Widerstand leistenden Mittel bewegt und mit einer ebenen, auf der Richtung der Bewegung senkrechten Fläche gegen das Fluidum drückt, so ist der Widerstand gleich dem Gewichte einer Säule des Fluidums, deren Basis die drückende Ebene und deren Höhe gleich der doppelten Höhe ist, durch welche der Körper im luftleeren Raume fallen mußte, wenn er die Geschwindigkeit erlangen soll, mit welcher er sich eben bewegt. Steht die gegen das Fluidum drückende Oberfläche nicht senkrecht auf der Richtung der Bewegung, sondern bildet sie mit derselben den Winkel φ, so wird der Widerstand vermindert in dem Verhältnisse von $\text{rad.}^2 : \sin^2\varphi$.

Haben wir nun einen durch Umdrehung erzeugten Körper und legen wir die Axe der Abscissen in die Richtung der Bewegung und mit derjenigen Linie zusammenfallend, um welche sich der Körper drehte, während die Ordinaten darauf senkrecht stehen, so ist die Oberfläche eines kleinen Ringes

$$2\pi y \sqrt{(dx^2 + dy^2)}.$$

Stände derselbe senkrecht auf der Richtung der Bewegung, wäre n die Dichtigkeit des Fluidums und h die Höhe, durch welche der Körper fallen mußte, um die ihm gehörige Geschwindigkeit zu erreichen, so würde der Widerstand

$$4\pi y \sqrt{(dx^2 + dy^2)}\, nh.$$

Da jedoch diese Oberfläche gegen die Richtung der Bewegung geneigt ist und dieser Neigungswinkel durch das Differential des Bogens zum Differential der Ordinate ausgedrückt wird, so wird der Widerstand vermindert im Verhältnisse von

$$(dx^2 + dy^2)^{\frac{3}{2}} : dy^3$$

und es wird derselbe

$$\frac{4\pi y\, dy}{\left(\frac{dx}{dy}\right)^2 + 1} \,.\, nh$$

Bei einer Kugel vom Halbmesser r ist

$$y = \sqrt{(2rx + x^2)}$$

also wird der Widerstand

$$4\pi nh \int \frac{(r - x)^3}{r^2} dx = \frac{4\pi nh}{r^2} \left(r^2x - \frac{3r^2x^3}{2} + rx^3 - \frac{x^4}{4}\right)$$

und für $r = x$ wird der Widerstand

$$\pi r^2 nh.$$

Da das Fluidum, in welchem sich die Kugel bewegt, seitwärts entweicht, wenn es fortgestoßen ist, und diese Bewegung sich auf alle benachbarten Theilchen fortpflanzt, so wird dieser Ausdruck etwas abgeändert. Aus den bekannten Versuchen von

Desaguliers in der Paulskirche zu London folgerte Newton, der Widerstand werde auf die Hälfte reducirt, also

$$\frac{\pi r^2 hn}{2}$$

ein Resultat, welches vor kurzem Schmidt bei langsamen Bewegungen auf einen völlig verschiedenen Wege hergeleitet hat (Theorie des Widerstandes der Luft bei der Bewegung der Körper von Dr. J. C. Eduard Schmidt. 8. Göttingen 1831. S. 58). Die in Bewegung gesetzte Materie ist $\frac{8\pi r^3 m}{6}$, folglich ist die verzögernde Kraft

$$f = \frac{3\pi r^2 hn}{8\pi r^3 m} = \frac{3hn}{8rm}$$

oder wenn wir für h seinen Werth $\frac{v^2}{2g}$ setzen

$$f = \frac{3v^2 n}{16rmg}.$$

Da sich nun die Widerstände verhalten wie die Quadrate der Geschwindigkeiten, so verhält sich

$$1 : f^2 = U^2 : v^2 \text{ oder}$$

$$1 : \frac{3v^2 n}{16rmg} = U^2 : v^2$$

folglich

$$U^2 = \frac{16rmg}{3n}$$

$$U = \sqrt{\frac{16rmg}{3n}} = 4\sqrt{\frac{rmg}{3n}}.$$

Hier giebt $\frac{m}{n}$ das Verhältniß der Dichtigkeit des Körpers zu der Dichtigkeit des Fluidums an. In unserm Falle ist dieses Verhältniß nicht constant, da die Dichtigkeit der Luft desto bedeutender wird, je tiefer die Tropfen und Nebelbläschen sinken. Da es sich jedoch hier nur stets um eine beiläufige Schätzung handelt, so scheint es mir nicht nöthig, die deshalb erforderliche Umbildung der Formel vorzunehmen, da viele andere, nicht mit in die Rechnung zu ziehende Umstände hiebei eine wich=

tige Rolle spielen. Die Tropfen haben nur dann eine sphärische Gestalt, wenn sie ihrer gegenseitigen Anziehung folgen; so wie sie sich in der Luft bewegen, werden sie auf der untern Seite abgeplattet, und ihre Gestalt dürfte sehr nahe mit der birnförmigen bei Hagelkörnern beobachteten übereinstimmen, wodurch offenbar r größer wird, als es die obige Formel verlangt. Wenn ferner die Tropfen und Nebelbläschen während des Fallens verdunsten oder sich auf ihrer Oberfläche neue Dämpfe niederschlagen, so muß die Bewegung sich nothwendig beständig ändern. Ich will daher den obigen Ausdruck als Annäherung beibehalten.

Nun ist $$t = \frac{U}{2g} \log \frac{U+V}{U-V}$$ oder

$$Ut = \frac{U^2}{2g} \log \frac{(U+V)^2}{U^2-V^2}.$$

Ferner haben wir gefunden

$$s = \frac{U^2}{2g} \log \frac{U^2}{U^2-V^2}$$

mithin $$s - Ut = \frac{U^2}{2g} \log \frac{U^2}{(U+V^2)}.$$

Hier stimmen U und V nahe überein, und es wird also

$$s - Ut = \frac{U^2}{2g} \log \tfrac{1}{4}$$

$$s = Ut + \frac{U^2}{2g} \log \tfrac{1}{4}$$

wo wir natürliche Logarithmen zu nehmen haben.

Ich will dieses zuerst auf die Dampfbläschen anwenden. Nach den Bestimmungen von Kratzenstein (Band I. S. 393) ist der äußere Durchmesser eines Dampfbläschen 0,000278 Zoll oder 0,0000232 Fuß. Nach der Wägung von Biot ist das Verhältniß m : n gleich 1:0,00130386, wofür ich 1:0,001 nehmen will; ferner g = 30,2 Fuß. Nehmen wir nun an, jener Körper bestehe ganz aus Wasser, so erhalten wir als Endgeschwindigkeit

$$U = 4 \sqrt{\frac{0,0000232 \cdot 10000 \cdot 30,2}{3}} = 1,933 \text{ Fuß}.$$

die größte Geschwindigkeit, welche dieser Körper erreichen kann, beträge also noch nicht 2 Fuß. Sollte der Körper durch eine Höhe von 1000 Fuß fallen, so gäbe die Gleichung

$$t = \frac{5}{U} - \frac{U}{2g} \log \frac{1}{4}$$

mehr als 510 Secunden, also 8 bis 9 Minuten. Ein schwacher aufsteigender Luftstrom von 2 Fuß Geschwindigkeit würde im Stande seyn, das Sinken des Bläschens zu hindern.

Nehmen wir selbst den größten Durchmesser der Nebelbläschen, wie er von Fraunhofer (Bd. I. S. 393) gefunden wurde, nämlich 0,00113 Zoll oder 0,0000942 Fuß, so würde

$$U = 4\sqrt{\frac{0{,}0000942 .\ 1000 .\ 30{,}2}{3}} = 3{,}895 \text{ Fuß}.$$

Wenn jedoch die Vorstellung, daß die Bläschen wirklich hohle Körper seyen, richtig ist, so wird die Geschwindigkeit noch weit mehr verzögert. Nach den Messungen von Kratzenstein beträgt die Dicke der Hülle 0,000025 Zoll oder 0,000002083 Fuß. Ist also der äußere Durchmesser der Blase 0,0000232 Fuß, so ist der innere 0,000021117 Fuß. Sehen wir demnach das Gewicht des Wasserkügelchens als Einheit an, so ist das des Nebelbläschens sehr nahe 0,240, und da sich die Dichtigkeiten eben so verhalten, so wird in dem ersten vorher betrachteten Beispiele

$$U = 4\sqrt{\frac{0{,}0000232 .\ 240 .\ 30{,}2}{3}} = 0{,}947 \text{ Fuß}.$$

Sollte also ein solches Bläschen aus einer Höhe von 10000 Fuß herabfallen, so würde es dazu mehr als 10000 Secunden gebrauchen. Ich gebe dieses letztere Resultat nur deshalb, weil sehr häufig nach demselben gefragt ist; wer jedoch nur einigermaaßen über das Problem nachgedacht hat, weiß, daß die ganze Untersuchung nicht so weit ausgedehnt werden darf, weil

auf diesem Wege so viel Umbildungen Statt finden, daß die Voraussetzung, als ob das Bläschen durch einen Raum von mehreren tausend Fuß falle, einen sehr geringen Grad von Wahrscheinlichkeit erhält.

Das Gesagte dürfte wohl hinreichen, um überhaupt die Möglichkeit dieses Schwebens der Wolken zu zeigen. Die Geschwindigkeit der Regentropfen läßt sich auf dieselbe Art bestimmen. Gesetzt, ein Tropfen hätte einen Durchmesser von 1 Linie oder $\frac{1}{144}$ Fuß, so würde

$$U = 4\sqrt{\frac{1000.\ 30{,}2}{144.\ 3}} = 33{,}45 \text{ Fuß.}$$

Nennen wir Tropfen von den Halbmessern r und r′, so erhalten wir für die Geschwindigkeiten

$$U : U' = \sqrt{r} : \sqrt{r'}.$$

Für die Gewichte der Tropfen erhalten wir

$$G : G' = r^3 : r'^3.$$

Um die Größe des mechanischen Effectes, welchen diese Tropfen am Boden hervorbringen, zu bestimmen, nehmen wir die Producte der Massen und lebendigen Kräfte, und dadurch erhalten wir für dieses Verhältniß $r^4 : r'^4$. Aus diesem Verhältnisse erklärt sich mit großer Einfachheit die in Bd. I. S. 428 erwähnte Bemerkung, nach welcher die großtropfigen Regen zwischen den Wendekreisen auf dem nackten Körper der Neger ein so unangenehmes Gefühl erzeugen. Auch der Schaden, welchen große Hagelkörner anrichten, folgt hieraus. Nehmen wir an, ein Hagelkorn habe einen Durchmesser von 1 Zoll = $\frac{1}{12}$ Fuß, und setzen wir seine Dichtigkeit 800 Mal größer, als die der Luft, so wird die Endgeschwindigkeit

$$U = 4\sqrt{\frac{800.\ 30{,}2}{12.\ 3}} = 103{,}6 \text{ Fuß.}$$

Nehmen wir das Gewicht eines Kubikzolles Hagel nur zu 2 Loth an, so ist das Gewicht des Hagelkornes etwas größer als ein Loth, und wenn dieses mit der Geschwindigkeit zusammengestellt

wird, so sehen wir die Ursache des großen Schadens, welchen solche Körner anrichten. Es würde unter übrigens gleichen Umständen der am Boden gemachte Eindruck bei einem Hagelkorne von doppeltem Durchmesser 16 Mal größer seyn, als der eines Kornes von einfachem Durchmesser.

Die isobarometrischen Linien habe ich auf der Charte auch für einen Theil der südlichen Halbkugel gezogen, obgleich ich bei Behandlung dieses Gegenstandes nur vorzugsweise die nördliche berücksichtigte. Die Beobachtungen, welche Lislet Geoffroy im Jahre 1828 zu Port Louis auf Isle de France anstellte und in den Transactions of the R. Asiatic Society of Great Britain and Ireland II. Append. p. LXXIII mittheilt, konnte ich erst später während meines Aufenthaltes zu Berlin benutzen. Darnach ist der Unterschied zwischen den Extremen der Reihe nach in den Monaten Januar u. s. w. 3''',7; 2''',9; 11''',8; 2''',9; 2''',2; 3''',1; 2''',8; 3''',4; 3''',0; 3''',4; 2''',8; 3''',9. Während eines Orkans am 6ten und 7ten März sank das Barometer bis zu 27'' 4'''; schließen wir den März als zu anomal bei Herleitung des Mittels aus, so erhalten wir für den monatlichen Umfang der unregelmäßigen Barometeroscillationen 3''',10 in einer Breite von 20° 10' S. Stellen wir diese mit der in Capstadt, nämlich 5''',52 in 33° 55' S zusammen, so wird

$$D_\varphi = 14''',178 - 12''',572 \cos^2\varphi.$$

Darnach wird der mittlere Umfang der monatlichen Barometeroscillationen am Aequator 1''',606 und wir finden

isobarometrische Linie von	2'''	in 10° 10' S
	4	. . . 25. 52
	6	. . . 36. 14
	8	. . . 44. 30

Weiter nach Osten nähern sich diese Linien dem Aequator, wie die Messungen in Neu-Holland zu beweisen scheinen. Die Biegung der Linien im indischen Meere und in dem nördlich

liegenden Hindostan zeigt aufs Bestimmteste, daß die großen Aufregungen der Atmosphäre, welche hier besonders zu der Zeit Statt finden, wo die Moussons wechseln, im innigen Zusammenhange stehen mit dem Luftdrucke.

Ich erlaube mir hier eine Bitte an alle diejenigen, welche sich für die Fortschritte der Wissenschaft interessiren. Ich habe in den beiden bis jetzt erschienenen Theilen sehr häufig über den Mangel an Beobachtungen Klage geführt; manche Untersuchung konnte ich nicht in dem Umfange und bis zu dem Grade vollenden, als ich wünschte, weil mir eine hinreichende Zahl von Beobachtungen fehlte; manche Bemerkungen sind vielleicht weniger vollständig oder richtig, weil ich selbst wenig Gelegenheit hatte, die Natur in andern Gegenden als in der norddeutschen Ebene zu studiren. Ich ersuche daher dringend die Beobachter des In- und Auslandes, denen diese Zeilen zur Ansicht kommen sollten, die Resultate ihrer Beobachtungen und ihre Bemerkungen über einzelne Sätze entweder direct, oder durch die Verlagshandlung an mich zu schicken. Ich füge noch die Bemerkung hinzu, daß ich durch die Munificenz Seiner Excellenz des Freiherrn Stein von Altenstein in den Stand gesetzt worden bin, eine Reise nach der Schweiz und Italien zu machen, um die Gesetze der atmosphärischen Erscheinungen in jenen Gegenden zu studiren. Wird dadurch auch der Fortgang dieses Werkes um einige Zeit verzögert, so hoffe ich doch, daß ich nach Beendigung dieser Reise im Stande seyn werde, mehrere Thatsachen genügender zu behandeln.

Halle, den 23. März 1832.

L. F. Kämtz.

Inhalt.

Nachtrag zum fünften Abschnitt.

Fünfter Abschnitt.

enauere Untersuchung über den Gang der Temperatur.

m die Gesetze zu bestimmen, welche uns die Winde und die drometeore zeigen, war eine Kenntniß der wichtigsten Er-:inungen erforderlich, welche uns die Wärme in ihrem Ver-ten zeigt; es haben uns die bisherigen Untersuchungen hin-bend bewiesen, daß die Luftströmungen sowohl als die Nieder-äge vorzüglich durch Temperaturdifferenzen erzeugt werden. :r einige Aufmerksamkeit auf den Gang der Witterung zeigt ; sehr bald, daß eben diese Erscheinungen den größten Ein-ß auf die Temperatur haben, und daß dieselben Störungen Gleichgewichte der Atmosphäre, welche Wirkungen vorher-ender Phänomene waren, jetzt die Ursachen von künftigen :cheinungen werden.

Die wichtigste Quelle der Wärmeänderungen auf der Erde die Sonne; ihre Strahlen kommen leuchtend an, werden von Körpern absorbirt, und nachdem die Temperatur dieser erhöht :den ist, so strahlt die Wärme theils als dunkle Wärme wieder ;, theils wird sie durch Leitung ins Innere der Körper geführt. :r hier treffen wir sogleich auf eine große Menge von Schwie-'eiten. Wie und in welchem Grade findet diese Umwandlung Luft in Wärme Statt? Daß eine solche Umbildung wirklich sich gehe, scheint besonders dadurch erwiesen zu werden, daß dunkeln Körper, welche die geringste Zahl von Lichtstrahlen ectiren, auch diejenigen sind, welche am meisten von der rme erwärmt werden. Ob aber hier wirklich Licht in Wärme wandelt wird, oder ob die Lichtstrahlen der Sonne von weni-brechbaren Wärmestrahlen begleitet sind, wie dieses aus den

Nachtrag zum fünften Abschnitt.

Fünf-

Fünfter Abschnitt.

Genauere Untersuchung über den Gang der Temperatur.

Um die Gesetze zu bestimmen, welche uns die Winde und die Hydrometeore zeigen, war eine Kenntniß der wichtigsten Erscheinungen erforderlich, welche uns die Wärme in ihrem Verhalten zeigt; es haben uns die bisherigen Untersuchungen hinreichend bewiesen, daß die Luftströmungen sowohl als die Niederschläge vorzüglich durch Temperaturdifferenzen erzeugt werden. Aber einige Aufmerksamkeit auf den Gang der Witterung zeigt uns sehr bald, daß eben diese Erscheinungen den größten Einfluß auf die Temperatur haben, und daß dieselben Störungen im Gleichgewichte der Atmosphäre, welche Wirkungen vorhergehender Phänomene waren, jetzt die Ursachen von künftigen Erscheinungen werden.

Die wichtigste Quelle der Wärmeänderungen auf der Erde ist die Sonne; ihre Strahlen kommen leuchtend an, werden von den Körpern absorbirt, und nachdem die Temperatur dieser erhöht worden ist, so strahlt die Wärme theils als dunkle Wärme wieder aus, theils wird sie durch Leitung ins Innere der Körper geführt. Aber hier treffen wir sogleich auf eine große Menge von Schwierigkeiten. Wie und in welchem Grade findet diese Umwandlung der Luft in Wärme Statt? Daß eine solche Umbildung wirklich vor sich gehe, scheint besonders dadurch erwiesen zu werden, daß die dunkeln Körper, welche die geringste Zahl von Lichtstrahlen reflectiren, auch diejenigen sind, welche am meisten von der Sonne erwärmt werden. Ob aber hier wirklich Licht in Wärme verwandelt wird, oder ob die Lichtstrahlen der Sonne von weniger brechbaren Wärmestrahlen begleitet sind, wie dieses aus den

bekannten Untersuchungen Herschel's [1]) zu folgen scheint, Fragen, welche bisher noch nicht genügend beantwortet f Diese ganze Untersuchung wird schon dadurch erschwert, daß nicht wissen, ob das Licht aus Atomen besteht, welche von Sonne mit großer Schnelligkeit fortgeschleudert werden, oder das Leuchten einiger Körper nur durch Undulationen eines fei Aethers erzeugt wird. Sehen wir letztere Hypothese, we durch die neueren Untersuchungen von Thomas You Fresnel, Fraunhofer und andern Physikern einen ho Grad von Wahrscheinlichkeit erhalten hat, als die naturgemä an, dann müssen wir, allen unsern Erfahrungen zufolge, ähnl Undulationen den Erscheinungen der Wärme zu Grunde le Mehrere ausgezeichnete Experimentatoren, unter denen ich Davy und Rumford erwähnen will, haben schon längst Meinung aufgestellt; der Zusammenhang zwischen den optis Erscheinungen und denen der Wärme scheint darauf zu deu daß die objectiven Ursachen beider nicht wesentlich, sondern dem Grade nach verschieden sind [2]). Es scheint als würden Wärmephänomene durch Schwingungen von längeren W hervorgebracht, als die des Lichtes, wenigstens erklärt es daraus, warum die Wärme im prismatischen Farbenbilde rothen Ende, wo die Lichtwellen die größte Länge haben, violetten abnimmt; warum ein Körper bei der Erhitzung anf lich roth, späterhin weiß glüht u. s. w. [3]).

Es ist nicht meine Absicht, diesen Gegenstand hier weiter zu folgen; aber selbst bei der Anwendung der in der theoretischen P entwickelten Sätze auf die Erscheinungen der Atmosphäre treffen auf eine Schwierigkeit, die zwar mehr den Sprachgebrauch, als Innere der Erscheinungen betrifft, hier aber keineswegs mit S schweigen übergangen werden kann. Es ist in dem Obigen m mals die Wärmestrahlung als Ursache von Erscheinungen a geben worden, namentlich wurde dieselbe als der wichtigste stand bei der Bildung des Thaues angesehen (Bd. I. S. 5 wir werden in diesem Abschnitte die wichtige Rolle kennen le

1) Gilbert's Annalen VII, 137. X, 68. XII, 521.

2) Biot Traité IV, 612.

3) Baumgartner Naturlehre S. 455.

elche eben diese Modification in der Wirkung des Wärmeprin- ps bei der Vertheilung der Temperaturen spielt. Aber der usdruck Wärmestrahlung und die ganze Erkärung dieses Vor- anges hängt so innig mit dem Corpuscularsysteme der Wärme ısammen, daß es scheint, als ob mit dem Umsturze von diesem ıch sämmtliche Folgerungen aus dieser Strahlung über den aufen fallen müßten. Die Wärmetheilchen suchen sich vermöge rer großen Expansion von einander zu entfernen und werden nur ɔn den Körpern zurückgehalten. Sind neben einander mehrere örper von ungleicher Temperatur, zwischen denen sich entweder ıft oder ein luftleerer Raum befindet, so bewegen sich die Wärme- eilchen mit großer Schnelligkeit von dem wärmeren Körper zu dem älteren, bis beide endlich einerlei Temperatur erlangt haben, ohne aß der Körper, durch welchen die Wärme hindurch strahlt, er- ärmt zu werden braucht *). Wir dürfen in diesem Falle jedoch icht glauben, daß blos der wärmere Körper Wärme ausstrahle, ielmehr erhält dieser eben so gut Wärme von dem kälteren, es ndet nur der Unterschied Statt, daß die Menge der von dem eißeren Körper kommenden Strahlen größer ist. Pictet's ekannter Versuch über die Reflexion der Kälte von einem Hohl- piegel beweist genügend, daß ein solcher Austausch der Wärme Statt finde.

Einen ähnlichen Vorgang, als wir hier zwischen den ter- strischen Körpern erkannt haben, müssen wir auch zwischen den immelskörpern annehmen. Die Sonne als Körper von hoher emperatur stößt diesem Systeme zufolge die Licht- und Wärme- eilchen mit großer Schnelligkeit fort; indem diese den Himmels- ıum oder doch wenigstens den Raum, in welchem sich die Erde wegt, durcheilen, wird dieser Theil des Weltgebäudes erleuch- t; da hier keine festen oder wenig durchsichtigen Körper vorhan- n sind, so wird die Temperatur dieses Raumes niedrig seyn. ine völlig ähnliche Wirkung muß auch durch die Strahlen der hllosen Sterne hervorgebracht werden, welche am Himmels- wölbe zerstreut sind; da jedoch die Erwärmung durch dieselbe ärmequelle abnimmt, wie das Quadrat der Entfernung wächst, wird die durch das Sternenlicht erzeugte Wärme in Vergleich

*) Muncke Naturlehre S. 702.

mit dem der Sonne nur unbedeutend seyn. Wenn demnach auch die Wärme des Weltraumes sehr klein ist, so ist es doch wenig wahrscheinlich, daß er absolut kalt sey. Fourier hat besonders auf diesen Umstand aufmerksam gemacht [5]). Er glaubt, daß die Wärme des Weltraumes oder wenigstens der Gegend, durch welche sich die Erde bewegt, nahe gleich der mittleren Temperatur der Pole sey, und er bestimmt diese zu — 50° C, eine Größe, zu welcher auch Svanberg durch eine Reihe anderer Betrachtungen gelangt ist [6]). Ob aber diese Größe richtig sey oder nicht, läßt sich beim jetzigen Zustande unserer Kenntniß über die Temperaturvertheilung auf der Erdoberfläche nicht bestimmen; der in der Folge näher zu betrachtende Einfluß der Luftströmungen auf die Temperatur macht es jedoch wahrscheinlich, daß die Wärme des Poles noch bedeutend höher sey, als die des Weltraumes. Indem Luftmassen aus niederen Breiten dahin gelangen, so wird die Wärme jener Gegenden ebenfalls erhöht; ja wollten wir die beiden gedachten Temperaturen gleich annehmen, so würde daraus folgen, daß an den Polen keine Abnahme der Temperatur mit der Entfernung von der Erdoberfläche vorhanden wäre, was durch die Erfahrungen in allen übrigen Gegenden wenig wahrscheinlich wird.

Auf eine völlig ähnliche Art strahlt aber auch die Erde in jedem Momente die Wärme aus, welche sie von der Sonne und den übrigen Himmelskörpern erhalten hat. Während des Tages giebt die Erde einen Theil der von der Sonne empfangenen Wärme an den kalten Himmelsraum ab, während ein anderer ins Innere der Rinde hineindringt. Die beobachtete Temperaturerhöhung vom Morgen bis zum Mittage zeigt, daß die Menge der von der Sonne kommenden Wärmestrahlen größer ist, als die Menge derjenigen, die als dunkle Wärme in den Himmelsraum zurückkehren. Diese Erkaltung der Erde durch Wärmeausstrahlung ist am Tage kaum merklich, wird aber nach dem Untergange der Sonne auffallender; da die Menge der in gleichen Zeiträumen ausgestrahlten Wärme von der Temperaturdifferenz zwischen dem wärmeren Körper und der Umgebung abhängt, so muß die

5) Mém. de l'Instit. 1824. p. 580.
6) Bibl. univ. XLVIII, 367.

Strahlung bei Tage lebhafter vor sich gehen, als in der Nacht, sie tritt jedoch nur in dieser deutlicher in die Augen. Nach dem Untergange der Sonne fehlt bei heiterem Himmel und trockener Luft die thätigste Wärmequelle; die Wärme strahlt von der äußeren Erdrinde fort und wird zum Theil aus dem Innern ersetzt, wobei nothwendig die Temperatur der Rinde sinken muß. Die schönen Versuche von Wells über die Thaubildung haben gezeigt, daß bei dieser nächtlichen Erkaltung genau dieselben Gesetze Statt finden, welche sonst bei der Wärmestrahlung beobachtet worden sind. Es werden nämlich diejenigen Körper am meisten erkalten, welche zugleich das größte Strahlungsvermögen und die geringste Leitungsfähigkeit der Wärme besitzen.

Wenn auch die Beschaffenheit des Bodens allenthalben dieselbe wäre, so würden sich doch sehr bedeutende von der Verschiedenheit im Zustande der Atmosphäre abhängige Differenzen in der Größe dieser Erkaltung zeigen. Wäre die Luft entweder nicht vorhanden, oder doch unendlich dünner, so würde die Erkaltung der Rinde in der Nacht sowohl, als ihre Erwärmung am Tage weit bedeutender seyn. Die schönen Untersuchungen von Dulong und Petit [7]) zeigen, daß die Wärmestrahlung im luftleeren Raume weit schneller erfolgt, als in irgend einem Gase, und aus den Versuchen von de la Roche und Bérard geht hervor, daß manche Körper leuchtende Wärme mit Leichtigkeit durch sich hindurchlassen, während dunkle Strahlen ganz von ihnen verschluckt werden [8]). Wenn die Wärmestrahlen durch einen Körper gehen, so kann es geschehen, daß sie entferntere Gegenstände sehr bedeutend erwärmen, während die Temperatur von jenem unverändert bleibt. Nach einer Erfahrung von Muncke [9]) drangen die wärmeerzeugenden Lichtstrahlen eines starken Feuers in einer Entfernung von 130 Fuß durch gefrorne Fensterscheiben, und bewirkten hinter denselben eine merkliche Erwärmung, ohne das Eis der Fensterscheiben bei — 5° im mindesten zu schmelzen, und Scoresby erwähnt, daß seine Matrosen mit wahrem Wohlbehagen eine Pfeife geraucht hätten, die sie vermittelst einer

7) Ann. de chimie VII, 225.
8) Journal de physique LXXVII, 201.
9) Muncke Naturlehre I, 703.

aus Eis verfertigten Linse anzündeten [10]). Das Vermögen Luft, leuchtende und dunkle Wärmestrahlen durch sich hindu zulassen, hängt von dem ungleichen Gehalte an Dampfbläs ab, und wir werden sogleich mehrere Phänomene erwäh welche dieses bestätigen. Wenn es auch bisher noch gan Vorarbeiten fehlt, um die Schwächung der Wärmestrahlen verschiedenen Zuständen der Atmosphäre zu bestimmen, so ist soviel gewiß, daß die Luft einer von denjenigen Körpern durch welche die selbst dunkeln Wärmestrahlen am leichtesten durchgehen, ohne daß sie selber erwärmt wird, weil es ja unmöglich seyn würde, daß wir die Erscheinungen der strahle Wärme beobachten könnten.

Hiernach scheint mir die Ableitung der Erkaltung der (am Boden bei der Thaubildung während der Nacht gar k Schwierigkeit zu haben. Muncke, welcher diese Hypothes streitet, findet besonders darin einen Einwurf, daß die L einiger Entfernung über dem Boden wärmer ist, als dieser man doch das Gegentheil erwarten sollte [11]). Wenn aber Boden ein vielfach größeres Strahlungsvermögen besitzt, al Luft, so wird er stärker erkalten, als diese; die unteren Luft sen lassen diese Strahlen zum großen Theil durch sich hindu ohne dadurch erwärmt zu werden; sie selbst strahlen zwar g den Boden sowohl als gegen den Himmelsraum Wärme aber nach der bekannten Relation zwischen dem Strahlungs- Absorptions-Vermögen ist die dadurch bewirkte Erkaltung unbedeutend. Wenn dagegen in der Luft viele Dunstbläs existiren, so können nur wenige Strahlen hindurchgehen, Bläschen werden erwärmt, geben aber sogleich nachher dem den zurück, was sie von ihm erhielten, und die Strahlung sc daher aufgehört zu haben, wie dieses die Erfahrungen Wells und Wilson über den Einfluß von Wolken au Bildung von Thau und Reif bestätigen.

Die Thatsachen, welche die Physiker über strahlende Wä gesammelt haben, und welche in den meisten Lehrbüchern

---

10) Scoresby Account of the arctic regions I, 232 in Reis dem Wallfischfang S. 85. Anm.

11) Muncke Naturlehre I, 705.

Physik mehr oder weniger ausführlich erörtert sind, können so wenig bezweifelt werden, daß eine jede Hypothese, welche über das Wesen des Wärmeprincips aufgestellt wird, diese nicht unbeachtet lassen darf. Nehmen wir an, daß die Wärme durch Undulationen eines Aethers erzeugt werde, so ist der Ausdruck Wärmestrahl und Wärmestrahlung nur noch mit einer ähnlichen Einschränkung erlaubt, als Fresnel unter dem Ausdrucke Lichtstrahl die gerade Linie zwischen dem leuchtenden und erleuchteten Objecte, oder mit andern Worten den Halbmesser der Lichtwelle, versteht [12]). Wenn dann die Undulationen des Aethers die Körper erreichen, so wird der in diesen befindliche Aether in Schwingungen von vielleicht größerer Länge versetzt, die Körper werden dadurch erwärmt, aber eben diese Wärmeschwingungen wirken auf den Aether im Weltraume zurück. Wie aber der Vorgang eigentlich beschaffen sey, ist bisher noch nicht gehörig untersucht, wenigstens haben die Vertheidiger dieser Ansicht noch keine strenge Vergleichung der beobachteten Größen mit der Theorie vorgenommen; die Erklärung der Phänomene ist hier nicht so leicht, wie bei der Annahme eines Wärmestoffes, den man sich nach Belieben schafft und qualificirt; man muß mittelst Rechnung alles aus der Natur der vibrirenden Bewegung ableiten [13]). Daß das vorhin über Wärmestrahlung Gesagte selbst diesem Systeme zufolge ganz richtig sey, das zeigen uns die Phosphoren am besten. Indem die Sonnenstrahlen die Oberfläche der Leuchtsteine berühren, wird der in diesen befindliche Aether in Schwingungen gesetzt, eben so wie die Erde unserer Hypothese zufolge während des Tages Wärme ausstrahlt, so strahlt der Leuchtstein auch dann Licht aus, wenn er noch von der Sonne beschienen wird; dieses Ausstrahlungsvermögen wird jedoch nur im Finstern bemerklich, wo keine andere Lichtquelle vorhanden ist. Wären unsere Augen hinreichend empfindlich, oder besäßen wir Photometer, welche eben so genau sind, als dieses bei den Thermometern der Fall ist, so würden wir wahrscheinlich bei den Phosphoren genau dieselben Gesetze finden, als bei der Erkaltung durch Strahlung; es würde der Verlust an Licht desto

12) Mém. de l'Acad. des Sc. 1821 et 22. p. 333.

13) Baumgartner Naturlehre S. 456.

schneller erfolgen, je größer die Erleuchtungsdifferenz zwischen den Körpern und der Umgebung ist, und die Theorie zeigt, daß dieses Statt finden muß, mögen wir Licht und Wärme nach dem Emanations- oder nach dem Undulations-Systeme erklären.

Ohne bei diesen in die theoretische Physik gehörigen Betrachtungen länger zu verweilen, will ich die wirklich beobachteten Erscheinungen der Wärme auf der Erdoberfläche näher untersuchen. Indem die Sonnenstrahlen den Boden berühren, wird ein Theil von ihnen verschluckt, ein anderer gegen den Weltraum reflectirt. Die Oberfläche des Bodens wird dadurch erwärmt, ein Theil dieser Wärme wird durch Strahlung die Temperatur der Luft erhöhen, ein anderer durch Leitung in die Tiefe dringen. Da die Menge der von der Sonne kommenden Strahlen und mithin die Größe der Erwärmung selbst bei einerlei Pol- und Sonnenhöhe von der Beschaffenheit des Himmels abhängt, so wollen wir der Luft allenthalben gleiche Durchsichtigkeit geben. Aber selbst in diesem Falle finden wir, daß die Verhältnisse zwischen der Menge der als Licht reflectirten, der als Wärme vom Boden ausstrahlenden und der durch Leitung in die Tiefe dringenden Strahlen nicht allenthalben gleich seyn können, die Angaben des Thermometers an der Oberfläche des Bodens sowohl im Laufe des Tages als des Jahres nicht allenthalben dieselben seyn werden. Farbe und Beschaffenheit des Bodens, Strahlungsvermögen, Leitbarkeit und Wärmecapacität haben hierauf einen so bedeutenden Einfluß, daß es kaum möglich wird, hierüber etwas Allgemeines zu sagen. So erzählt Humboldt, am Orinocco habe bei einer Lufttemperatur von 30° ein granitischer, grobkörniger und beweglicher Sand um 2 Uhr eine Wärme von 60°,3 gehabt; ein eben solcher weißer, dichterer und feinkörniger Sand 52°,5; der Granitfelsen 47°,6. Eine Stunde nach dem Sonnenuntergange hatte der grobkörnige Sand eine Temperatur von 32°, der Felsen 38,8 [14]). Es folgt schon aus diesen wenigen Messungen, welche sich leicht durch mehrere ähnliche vermehren ließen, daß die Oscillationen der Wärme in der obersten Schicht der Erdrinde dort größer werden, wo der Boden das beste Strah-

---

14) Humboldt Voyage VII, 203.

lungsvermögen besitzt; je schlechter dieser leitet, desto geringer werden die Oscillationen in einiger Tiefe.

Da die Gesetze der durch Wärmeleitung in einem Körper erzeugten Temperaturänderungen ziemlich bekannt sind, so scheint nur die Kenntniß der Wärmecapacität und Leitung des Bodens erforderlich, um die Aenderungen der Wärme in einiger Tiefe anzugeben; wenige im Laufe des Jahres angestellte Messungen der Wärme irgend eines Punktes in der Tiefe genügen, um die Constanten des zugehörigen Ausdruckes zu bestimmen. Eine allgemeine Auflösung dieses Problemes hat Fourier versucht [15]); da es jedoch mehr Zweck des vorliegenden Werkes ist, die Resultate der Beobachtungen mitzutheilen, so übergehe ich die von Fourier angestellten Betrachtungen um so mehr, da er blos auf die durch directe Einwirkung der Sonnenstrahlen bewirkte Temperaturveränderung Rücksicht nimmt und also zu dem Resultate gelangt, daß die Wärme der Erdrinde gleich der mittleren der Luft sey, was jedoch, wie wir in der Folge sehen werden, nicht allenthalben der Fall ist.

Betrachten wir das Problem der Erwärmung der Atmosphäre durch die Sonne in seiner größten Allgemeinheit, so sollte sich die Wärme regelmäßig vom Minimo bis zum Maximo und von diesem bis zu jenem ändern. Die im zweiten Abschnitte entwickelten Ausdrücke (Bd. I. S. 123) zeigen, daß dieses auch beim Mittel mehrjähriger Beobachtungen der Fall sey; aber in einzelnen Jahren ist die Curve der jährlichen Wärmeänderungen sehr unregelmäßig. Zwei Umstände tragen besonders zur Erzeugung dieser Anomalieen bei, die Hydrometeore und die Winde. Ich will einige der wichtigsten ihren Einfluß betreffenden Umstände näher untersuchen.

Die Einwirkung der Hydrometeore und des Feuchtigkeitszustandes der Atmosphäre tritt besonders bei Untersuchung der Wärmeänderungen im Laufe des Tages deutlich in die Augen. Ist die Luft sehr trocken und wird ihre Durchsichtigkeit nur durch wenige niedergeschlagene Bläschen getrübt, so vermögen Licht und Wärme mit Leichtigkeit durch sie hindurchzustrahlen, die Erwärmung am Tage und die Erkaltung in der Nacht sind sehr bedeutend. Schon

15) Mém. de l'Acad. des Sciences 1821—22, p. 153 sqq.

de Luc[16]) und später Daniell[17]) machten auf den Umstand aufmerksam, daß der Unterschied zwischen den täglichen Temperaturextremen desto geringer würde, je feuchter die Luft wäre; in der Folge zeigte Anderson[18]), daß die kleinste in der Nacht beobachtete Temperatur sehr nahe mit dem am Abende gefundenen Thaupunkte zusammenfiele, was auch August durch einige Beobachtungen in Berlin bestätigt fand[19]). Wenn nämlich die Erde in der Nacht durch die Strahlung erkaltet, so wird dieser Wärmeverlust zum Theil durch die latente Wärme des niedergeschlagenen Dampfes ersetzt und das Thermometer sinkt daher desto weniger, je größer die Menge des condensirten Dampfes ist. Anderson führt die Resultate der Messungen an, welche Gordon im Jahr 1815 zu Kinfauns-Castle anstellte, und diese bestätigen allerdings seinen Satz, wie folgende Tafel zeigt:

Monat	kleinste Temperatur	Thaupunkt	Unterschied
Januar	— 1°,9	— 1°,6	+ 0°,3
Februar	2,1	2,7	+ 0,6
März	1,6	1,0	— 0,6
April	2,7	1,1	— 1,6
Mai	7,5	6,8	— 0,7
Junius	9,4	8,6	— 0,8
Julius	10,2	9,8	— 0,4
August	10,5	10,0	— 0,5
September	8,3	8,2	— 0,1
October	5,9	6,1	+ 0,2
November	— 0,3	0,3	+ 0,6
December	— 2,3	— 2,3	0

Hieraus ergiebt sich auch ein Phänomen, auf welches bereits im zweiten Abschnitte aufmerksam gemacht wurde, nämlich der ungleiche Unterschied zwischen den täglichen Temperaturextremen in verschiedenen Jahreszeiten. In höheren und mittleren Breiten

16) Modific. de l'atm. §. 698. T. III. p. 254.
17) Daniell Meteor. Ess. p. 268.
18) Jameson's Edinb. Phil. Journ. XXI, 161.
19) Poggendorff's Annalen V, 340.

ist derselbe im Winter bedeutend kleiner als im Sommer, wie folgende Tafel zeigt:

Monat	London[20])	Paris[21])	Genf[22])	St. Bernhard[23])	Avignon[24])	Palermo[25])
Januar	4°,9	4°,0	4°,0	4°,9	4°,6	5°,2
Februar	6,1	5,4	6,0	5,8	4,5	6,1
März	7,1	6,9	7,8	6,9	5,5	7,1
April	8,8	9,4	9,4	7,7	6,5	6,2
Mai	9,7	9,4	9,7	8,2	8,2	8,0
Junius	10,4	9,8	9,6	6,9	10,6	8,1
Julius	9,8	9,6	9,5	5,6	10,6	8,2
August	9,6	9,5	9,6	5,8	9,3	7,9
September	9,4	9,8	8,7	4,9	8,1	7,5
October	7,5	7,3	6,5	4,1	6,6	7,0
November	5,9	4,8	5,2	4,2	4,5	5,9
December	4,9	3,9	4,1	3,7	3,8	5,0

Hinreichend deutlich zeigt diese Tafel die allmählige Zunahme dieser Differenz vom Winter bis zum Sommer; die gegebenen Größen lassen sich sehr nahe durch folgende Formeln ausdrücken, in denen D_n die dem nten Monate entsprechende Differenz zwischen den täglichen Extremen bezeichnet, das Jahr vom 1sten Januar an gerechnet:

$$\text{London: } D_n = 7°,848 + 2,688 \sin\left\{(n+\tfrac{1}{2})\ 30° + 267°\ 41'\right\} + 0,420 \sin\left\{(n+\tfrac{1}{2})\ 60° + 267°\ 35'\right\}$$

mit dem wahrscheinlichen Fehler $\varepsilon''(D_n) = 0°,149$.

20) Beobachtungen von Howard bei Schouw Klimatologie I, 130.

21) 10jähr. Beob. (1816—25) aus den Annales de Chimie.

22) 18jähr. Beob., 10 J. bei Schouw (Pflanzengeogr. S. 62) und 5jähr. Beob. (1819—23) aus der Bibl. univ. beim Sonnenaufgang und um 2 Uhr beob.; endlich 3jähr. Beob. (1826—28) mit einem Thermometrographen beobachtet.

23) 8jähr. Beob. (1819—23, 26—28) aus der Bibl. univ.

24) 5jähr. Beob. aus Guérin Déscription de la fontaine de Vaucluse 12. Avignon 1813. p. 266 bei Schouw Klimatologie l. l.

25) 5jähr. Beob. von Marabitti bei Schouw l. l.

Paris: $D_n = 7^\circ,480 + 5,094 \sin\{(n+\frac{1}{2})\, 30^\circ + 269^\circ\, 2'\}$
$+ 0,892 \sin\{(n+\frac{1}{2})\, 60^\circ + 277^\circ\, 9'\}$
mit dem wahrsch. Fehler $\varepsilon''(D_n) = 0^\circ,226$.

Genf: $D_n = 7^\circ,514 + 2,920 \sin\{(n+\frac{1}{2})\, 30^\circ + 278^\circ\, 42'\}$
$+ 0,757 \sin\{(n+\frac{1}{2})\, 60^\circ + 281^\circ\, 33'\}$
$\varepsilon''(D_n) = 0^\circ,128$.

St. Bernhard: $D_n = 5^\circ,727 + 1,864 \sin\{(n+\frac{1}{2})\, 30^\circ + 321^\circ\, 25'\}$
$+ 0,379 \sin\{(n+\frac{1}{2})\, 60^\circ + 247^\circ\, 39'\}$
$\varepsilon''(D_n) = 0^\circ,195$.

Avignon: $D_n = 6^\circ,904 + 3,224 \sin\{(n+\frac{1}{2})\, 30^\circ + 260^\circ\, 42'\}$
$+ 0,500 \sin\{(n+\frac{1}{2})\, 60^\circ + 55^\circ\, 52'\}$
$\varepsilon''(D_n) = 0^\circ,235$.

Palermo: $D_n = 6^\circ,850 + 1,433 \sin\{(n+\frac{1}{2})\, 30^\circ + 263^\circ\, 51'\}$
$+ 0,245 \sin\{(n+\frac{1}{2})\, 60^\circ + 310^\circ\, 9'\}$
$\varepsilon''(D_n) = 0^\circ,251$.

Mit Ausnahme des Ausdruckes für die auf dem St. Bernhard gefundenen Differenzen zeigt namentlich das erste Glied an den meisten Orten eine große Uebereinstimmung; wenn diese im Allgemeinen nicht so groß ist, als die, welche wir bei Entwickelung des Ausdruckes für den Gang der Temperatur im Laufe des Jahres fanden (Bd. I. S. 123), so liegt der Grund hauptsächlich darin, daß wir hier nur von wenigen Orten hinreichend lange fortgesetzte Messungen benutzen konnten. Der Tag, an welchem der Unterschied zwischen den täglichen Extremen am größten wird, ist in

London		2 Julius
Paris		29 Julius
Genf	etwa	1 Junius
St. Bernhard		28 April
Avignon		12 Julius
Palermo		27 Julius

London, Paris, Avignon und Palermo zeigen eine Uebereinstimmung, welche geringer ist, als die Bestimmung des heißesten

Tages uns zeigt; nehmen wir das Mittel dieser Größen, so würde der 17te Julius etwa der Tag seyn, an welchem der Unterschied zwischen den täglichen Extremen sein Maximum erreicht. Ob die Anomalie in Genf in der Natur begründet ist, oder ob sich die unregelmäßigen Schwankungen noch nicht compensirt haben, läßt sich um so weniger bestimmen, da diese Größe fast 5 Monate (April bis August) ihren Werth nicht ändert.

Für den Tag, an welchem die tägliche Differenz am kleinsten ist, erhalten wir folgende Größen:

London	1 Januar
Paris	29 December
Genf	23 December
St. Bernhard	1 December
Avignon	1 Januar
Palermo	25 December

Hier ist die Uebereinstimmung größer; schließen wir den St. Bernhard aus, so erhalten wir als Mittel den 28sten December. Für den wärmsten und kältesten Tag des Jahres fanden wir den 26 Julius und 14 Januar [26]); ersterer stimmt nahe mit der für vorliegendes Phänomen gefundenen Größe überein, indem der Unterschied von 9 Tagen kaum Beachtung verdient. Bedeutender dagegen ist die Differenz beim Minimo; der Tag, an welchem der Unterschied zwischen den täglichen Extremen am kleinsten ist, stimmt weit mehr mit demjenigen überein, an welchem der relative Feuchtigkeitszustand sein Maximum erreicht, welcher dem Obigen zufolge [27]) in die letzte Hälfte des Decembers fällt.

Als die Ursache dieser ungleichen Differenz zwischen den täglichen Extremen sieht Schouw [28]) nur die ungleiche Dauer der Tage an, und eben dieses scheint auch die Ansicht von Wahlenberg zu seyn [29]). Es rührt nämlich der größere Unterschied zwischen den Extremen in den wärmeren Monaten vorzüglich da-

26) Bd. I. S. 127.

27) Bd. I. S. 337.

28) Schouw Pflanzengeographie S. 63. Klimatologie I, 129 u. 136.

29) Wahlenberg de Veget. et clim. in Helvetia septentr. p. LXVIII.

von her, daß die Sonne alsdann länger einwirkt und deshalb zu einer größeren Erwärmung der Atmosphäre Veranlassung giebt. Zwar scheint es, als ob aus eben diesem Grunde die länger dauernde Erkaltung während der Nacht in den Wintermonaten auch größer werden, der Unterschied also das ganze Jahr gleich bleiben müßte; da jedoch den Beobachtungen zu Padua und Leith zufolge die Atmosphäre während der Nacht nur langsam erkaltet, so meint Schouw, daß diese nächtliche Erkaltung im Winter nicht sehr bedeutend werden könne, und daher der geringe Unterschied zu dieser Zeit. Wenn wir jedoch der Luft im Winter und im Sommer gleiche Durchsichtigkeit und relative Feuchtigkeit geben, so kann dieser Unterschied im Winter nicht sowohl wegen der kürzeren Dauer der Tage als vielmehr wegen der geringeren Höhe der Sonne nicht so bedeutend seyn, als im Sommer. Das Gesetz der nächtlichen Erkaltung würde bei dem gedachten Zustande der Atmosphäre in beiden Jahreszeiten genau dasselbe seyn, aber die im Sommer höher stehende Sonne kann den Boden und damit die Luft weit stärker erwärmen, als im Winter.

Würde also dieser Unterschied im Winter schon bei demselben Zustande der Atmosphäre kleiner seyn, als im Sommer, so wird diese Differenz beider Jahreszeiten noch mehr durch den verschiedenen Feuchtigkeitszustand der Luft vergrößert. Im Winter, wo die Atmosphäre relativ feuchter ist, liegt der Thaupunkt näher an der mittleren Temperatur, das Minimum also nicht so tief; wird der Wasserdampf niedergeschlagen, so wird theils die latente Wärme frei, theils die Strahlung der Wärme verhindert [30]. Außer den bei der Thaubildung erwähnten Erfahrungen von Wells und Wilson wird dieses durch die Erfahrungen von Daniell bestätigt. Wurde ein Hohlspiegel, in dessen Focus ein Thermometer hing, gegen den Himmel gerichtet, so stand letzteres in heiteren Nächten bedeutend niedriger, als ein daneben in freier Luft hängendes; in trüben Nächten war die Differenz geringer, oder verschwand wohl ganz [31].

---

30) Wargentin in Schwed. Abh. für 1757. Bd. XIX, 166.

31) Daniell Essays p. 242. Ob die Anomalie auf dem St. Bernhard ihren Grund in den Regenverhältnissen habe, wage ich nicht zu bestimmen.

Welche bedeutende Rolle der Feuchtigkeitszustand der Atmosphäre bei diesem Phänomene spiele, geht besonders aus den Erfahrungen zwischen den Wendekreisen hervor. Wäre die Länge der Tage allein oder auch die Höhe der Sonne Ursache der ungleichen Differenzen in verschiedenen Jahreszeiten, so müßte die tägliche Oscillation des Thermometers das ganze Jahr gleich seyn, wie dieses auch von Schouw angenommen wird [32]). Jedoch zeigt die folgende Tafel, daß diese Hypothese unrichtig ist:

Monat	Calcutta [33])	Seringapatam [34])	Colombo [35])	Trinconomalee [36])	Kouka [37])	Cobbé [38])
Januar	6°,8	17°,5	3°,3	1°,4	8°,8	10°,5
Februar	4,2	17,2	2,2	2,2	......	9,8
März	6,3	22,8	2,8	2,7	11,2	7,3
April	4 3	18,8	1,7	3,1	11,4	9,6
Mai	4,0	18,8	1,0	4,0	10,7	9,4
Junius	1,9	13,2	0,8	4,5	8,6	7,1
Julius	2,0	9,9	0,8	4,5	7,8	7,3
August	2,0	10,5	1,2	4,1	4,4	7,8
Septbr.	2,5	13,7	1,1	3,3	4,6	7,3
October	3,3	14,7	1,8	3,5	7,0	6,6
Novbr.	4,1	13,9	2,5	3,5	7,2	6,1
Decbr.	5,1	14,2	....	2,6	6,9	9,1

Die Differenz zwischen den täglichen Extremen ist an den meisten Orten bei südlicher Declination der Sonne größer als bei

32) Schouw Pflanzengeographie S. 63.

33) Fast 2jähr. Beob. (Febr. 1784 — Dec. 86) von Traill beim Aufgange der Sonne und um 3 oder 3½h beobachtet. Asiat. res. II, 421.

34) 2jähr. Beob. (1814 u. 16) von Scarman beim Aufg. der Sonne und um 3h beobachtet. Edinb. Journ. of Sc. V, 249.

35) An der Westküste Ceylon's; Beobachtungen im J. 1812 beim Aufgang der Sonne und um 3 Uhr, im Edinb. Journ. of Sc. V, 142.

36) An der Ostküste Ceylons, 3jähr. Beob. (1809, 10 u. 12) ib.

37) In Bornu, Mitte März 1823 bis August 1824 um 6h Morg. und 3h Ab. beobachtet, von Oudney und Denham, in Denham Narrative p. 262; im Journal sind viele Lücken.

38) In Dar-Fur beob. von Browne in den J. 1794 u. 95 um 12h und 3h, in Browne Travels p. 475.

nördlicher; der Gang dieses Phänomens ist also dem in höheren Breiten gerade entgegengesetzt, und nur Trinconomalee macht eine Ausnahme. Hätten wir an den einzelnen Orten vieljährige Aufzeichnungen, so würde diese Differenz sich vom October bis zum April wahrscheinlich wenig ändern; nun aber beginnt die nasse Jahreszeit, die Bewölkung am Nachmittage verhindert die Zunahme der Temperatur eben so sehr, als der Wasserdampf in der Luft die Erkaltung in der Nacht verhindert, und daher ist die Differenz durchgängig in der nassen Jahreszeit geringer. Wie einflußreich letztere sey, zeigen die beiden Orte auf Ceylon sehr auffallend; an der Westküste regnet es bei nördlicher (SW.-Mousson), an der Ostküste bei südlicher Declination der Sonne (NO.-Mousson), daher tritt das Minimum dort im Julius, hier im Januar ein.

Da den Erfahrungen von Pictet und Six zufolge[39]) die Höhe des Thermometers über dem Boden wegen der Strahlung von diesem einen Einfluß auf die Größe der täglichen Differenz hat, so sind wir bis jetzt noch nicht im Stande, letztere in verschiedenen Klimaten mit einander zu vergleichen; einerseits ist die Höhe der Instrumente ungleich, andrerseits ist die Zahl vorhandener Beobachtungen noch nicht groß genug, um viele Orte in kleinen Districten zusammenzustellen und das Mittel dieser Messungen zu nehmen. Die gleichzeitigen Beobachtungen zu Genf und auf dem St. Bernhard zeigen uns, daß die Oscillationen in bedeutender Höhe über der Oberfläche des Meeres geringer sind, was auch schon Saussure[40]), Zach[41]), Muncke[42]) und andere Physiker behauptet hatten. Dagegen fehlt es ganz an genügenden Beobachtungen, um diese Differenz im Innern des Landes und an der Küste des Weltmeeres zu vergleichen. Zwar giebt Wahlenberg[43]) den mittleren, höchsten und niedrigsten Stand des Thermometers zu Ofen, es scheint jedoch, daß er von den drei Beobachtungen am Tage (19^h, 2^h und 9^h) nur die größte und niedrigste genommen habe, wodurch man offenbar ein viel

39) Bd. I. S. 56.

40) Saussure Reisen §. 935. Voyages §. 2050.

41) Monatl. Corresp. XXI, 119.

42) Gehler's phys. Wörterb. III, 1012.

43) Wahlenberg Flora Carpat. p. XC.

viel zu kleines Resultat erhält. Wenn wir aber das Ganze der Erscheinungen in mittleren Breiten auffassen, so scheint es, als ob diese Differenz desto bedeutender werde, je weiter wir uns von der Küste entfernen. Dieses beweisen auch zweijährige Aufzeichnungen von Eversmann zu Slatoust in Rußland [44]); denn obgleich das Thermometer nur um die Zeit des Sonnenaufganges und um 2 Uhr aufgezeichnet wurde, ist die Differenz eben so groß, als an irgend einem Orte des westlichen Europa, wo Thermometrographen bei dieser Untersuchung benutzt wurden [45]); auch der große Wechsel der Temperatur im Laufe eines Tages, über welchen man sich in Ungarn beklagt, beweist dieses zur Genüge [46]). Ganz dasselbe zeigen die Orte zwischen den Wendekreisen. Auf der kleinen Insel Ceylon ist diese Differenz geringer als in Calcutta, und hier an der Küste des Meeres geringer als zu Seringapatam auf dem Plateau Hindostans oder zu Kouka und Cobbé im Innern Africa's.

Die Ursache dieser Einwirkung des Meeres liegt darin, daß die zur Dampfbildung erforderliche latente Wärme am Tage das Steigen, die beim Niederschlage frei gewordene Wärme in der Nacht die Depression der Wärme verhindert. Ist diese Einwirkung schon an der Küste so auffallend, so wird sie noch weit auffallender auf dem hohen Meere, namentlich zwischen den Wendekreisen. So fand Humboldt auf dem Wege von Europa nach Cumana, daß die größten Aenderungen im Laufe des Tages selten die Größe von 1°,5 bis 2° überstiegen [47]). Eben diese geringe Oscillation, namentlich zwischen den Wendekreisen, wurde späterhin durch die Erfahrungen von Péron [48]), Horner und Langsdorf [49]), Lamarche [50]) und anderen Reisenden bestätigt. Vorzüglich achtete Simonoff während der Expedition

---

44) Poggendorff's Annalen XV, 169.

45) Vgl. Bd. I. S. 87.

46) Wahlenberg Flor. Carpat. p. XCII u. XCIX.

47) Humboldt Voyage II, 74.

48) Péron Voyage I, 32.

49) Krusenstern Reise Bd. III. Anh.

50) Gilbert's Annalen LXVI, 158.

von Bellingshausen auf diesen Punkt. Indem er den Stand des Thermometers zur Zeit der obern und untern Culmination der Sonne mit einander verglich, erhielt er auf dem Meere zwischen den Breiten von 9° 55′ und 3° 36′ N vom 13ten bis 27sten October eine Differenz von 0°,6; noch geringer war diese in der südlichen Halbkugel zwischen 25° 42′ S u. 66° 52′ S; ja Winde und andere Störungen waren wohl Ursache, daß die Temperatur in der Nacht etwas höher war, als am Tage, ein Phänomen, was sich auch in unseren Gegenden zuweilen, wenn auch selten, im Winter ereignet.' So wie Simonoff in die Nähe des Landes kam, wurde diese Differenz bedeutender, und zwar desto mehr, je größer diese Ländermassen waren. Indem die kleinen Inseln des großen Oceanes fast gar keinen Einfluß auf dieses Phänomen äußerten, stieg die Differenz auf Teneriffa bis zu 4°,4, in der Matavay-Bai auf Otaheite bis 6°,6, und auf der Rhede von Rio Janeiro bis zu 7°,9 [51]).

Daß außer den erwähnten Ursachen auch die Gestaltung des Bodens eine Rolle hiebei spiele, bedarf wohl kaum eines Beweises. So wird die Differenz an Orten, die in engen Thälern liegen, wegen der Reverberation der Wärme größer seyn, als an Orten auf der Ebene [52]) u. s. w.

Zu einer vollständigen Kenntniß des Phänomenes würden Messungen aus höheren Breiten sehr wünschenswerth seyn, doch fehlt es hieran fast ganz; die wenigen mir bekannten Thatsachen enthält folgende Tabelle:

---

51) Bibl. univ. XXXI, 296—310. Andere Thatsachen bei Finlayson Gesandtschaftsreise S. 80. Scoresby Reise auf den Wallfischfang S. 335.

52) Wahlenberg de veget. et clim. in Helv. sept. p. LXVIII.

Monat	Enontekis [53])	Jemteland [54])
Januar	4°,96	2°,10
Februar	4,96	4,74
März	7,16	8,37
April	5,40	7,24
Mai	3,91	8,36
Junius	4,03	9,54
Julius	4,56	7,70
August	4,06	7,20
September	4,53	6,17
October	4,93	3,80
November	4,43	2,10
December	5,76	1,77

ie Beobachtungen zu Enontekis einen Gang zeigten, wel- von dem im übrigen Europa sehr bedeutend abwich, be- e sich namentlich Schouw [55]) diese scheinbare Anomalie zu :en. Wenn nämlich im Sommer die Sonne entweder gar oder nur kurze Zeit unter den Horizont tritt, dann kann ar keine Erkaltung der Atmosphäre Statt finden; wenn da- ı im Winter die Sonne fast gar nicht über dem Horizonte :int, so erfolgt eben so wenig eine Erwärmung am Tage, : ist die Differenz im ganzen Jahre fast gleich. Aber Jemte- , wo Törnsten den Stand des Thermometers zur Zeit rößten und kleinsten Tageswärme aufzeichnete, zeigt uns lben Gang, als die übrigen Orte in Europa, und wenn dieser t auch nur an der Gränze des Polarkreises liegt, so wird Resultat für Enontekis doch verdächtig. Eine genauere Ver- ıung von Wahlenberg's Arbeit zeigt auch, daß die That- und somit die Hypothese von Schouw nicht naturgemäß Grape nämlich beobachtete den Stand des Thermometers h dreimal, Morgens, Mittags und Abends, ohne die Stun-

In Lappland in 68° 30′ N, 3jähr. Beob. (1802, 4, 5) von Grape, erechnet von Wahlenberg Flor. Lapp. p. XLIV.

In 63° N; Beobachtungen vom Julius 1784 bis Ende 1788 von :örnsten mitgetheilt in Neue Abh. d. Schwed. Acad. XII, 36.

Pflanzengeographie S. 64.

den näher anzugeben; die beiden äußersten von diesen drei Aufzeichnungen sah Wahlenberg als Extreme an [56]). Wird aber das Mittel der Beobachtungen am Morgen, Mittag und Abend einzeln genommen, so zeigt sich diese geringe Oscillation im Winter sehr bestimmt. Es ist dieser Stand nämlich [57])

	Morgen	Mittag	Abend
1 Decbr. bis 30 Januar	— 17°,5	— 17°6	— 17°,5
11 März bis 10 April	— 11,7	— 5,6	— 9,8
21 Junius bis 10 Julius	11,7	14,8	11,8

Diese Größen zeigen genügend, daß die Curve der täglichen Wärme sich im Winter wenig von einer geraden Linie entfernt; bedeutender ist die Krümmung im März und April; da im Junius und Julius die Temperatur am Abend wenig von der am Morgen abweicht, so wird es wahrscheinlich, daß der Stand am Morgen schon bedeutend über dem Minimum liegt.

Aus der bisher betrachteten Einwirkung des Dampfgehalts der Luft auf ihre Erwärmung glaube ich auch ein Phänomen erklären zu müssen, welches bereits im zweiten Abschnitte erwähnt wurde. Es tritt nämlich sowohl das Maximum, als das Medium in Leith später ein, als in Padua, und eben dieses gilt vom Medium am Abend wenigstens im Sommer [58]). Der Grund dieser Differenz scheint mir hauptsächlich in den Hydrometeoren zu liegen. In dem am Meere gelegenen Leith ist die Luft feuchter; nächtliche Niederschläge, theils unter der Gestalt von Thau, theils als Nebel und Wolken, sind hier häufiger als in Padua; durch die latente Wärme des reichlich gebildeten Dampfes wird die Erwärmung am Morgen etwas verzögert, und daher tritt das Medium am Morgen, so wie das Maximum etwas später ein; wenn dagegen nach der größten Tageswärme die lebhafte Dampfbildung aufhört und die Luft am Abend erkaltet, so verhindert die frei gewordene Wärme des Dampfes die Erkaltung zum Theil, und daher findet das Medium am Abend ebenfalls etwas später Statt.

56) Wahlenberg Flora Lapp. p. XLIII.
57) Wahlenberg de Vegetat. et Clim. in Helvet. sept. §. 98. p. LXXXVII.
58) Bd. I. S. 85 u. 107.

dieser Einwirkung des Dampfes auf den Gang der Tempera-
heint sich auch ein anderes Phänomen zu ergeben. Hinge
ch die Erwärmung nur von der directen Einwirkung der
enstrahlen ab, so müßte die Zeit, während welcher die
ne größer ist, als die mittlere des Tages, im jährlichen Durch-
e gleich der seyn, während welcher sie kleiner ist, jede also
tunden betragen. Aber Orte am Meere erhalten von die-
inen großen Theil Dämpfe, diese verhindern besonders die
liche Erkaltung, die Wärmecurve biegt sich sehr wenig, die
eratur ist daher längere Zeit unter dem Mittel, als über
lben, und zwar desto mehr, je näher der Ort am Meere
wie uns dieses eine Vergleichung zwischen Padua und Leith
Da die Erde im Winter mehr Wärme durch Strahlung
nd der Nacht verliert, als sie am Tage von der Sonne
, so muß in dieser Zeit die nächtliche Erkaltung schon in
trockenen Atmosphäre länger dauern, als die Zeit, während
r die Wärme größer ist, als die mittlere; aber in dieser Jah-
t wird auch durch den Dampf und die Entfernung vom
ein sehr bedeutender Unterschied in dieser Dauer bedingt,
ieses die erwähnten Erfahrungen in Padua und Leith zeigen.
doch zu entscheiden, ob diese Hypothese richtig sey oder
sind Messungen von weit mehr Orten erforderlich, als hier
t werden konnten.

Nachdem wir den Einfluß der Hydrometeore auf die täg-
Oscillationen des Thermometers untersucht haben, wenden
ns zu ihrer Einwirkung auf die mittlere tägliche Wärme.
einfache Betrachtung zeigt uns schon, daß diese nicht das
Jahr gleich seyn könne. Im Winter, wo die durch
lung verlorne Wärme größer ist, als die von der Sonne
ene, werden Wolken und Nebel einerseits die Strahlung
dern, andererseits durch ihre frei gewordene Wärme zur
ung der Temperatur beitragen. Daher sind bewölkte Win-
e nicht so kalt, als heitere [59]); auf den Polarmeeren gefriert
Meerwasser kaum bei Temperaturen über — 1°,7, wenn der
el bewölkt ist, während dieses bei heiterem Himmel bei
ometerständen geschieht, die mehrere Grade über dem Ge-

---

de Luc Idées II, 107.

frierpunkte des Seewassers liegen [60]). Das Gegentheil erfolgt
Sommer, wo die Erde am Tage mehr Wärme von der Son
erhält, als sie in der Nacht durch Strahlung verliert, und tri
Sommertage sind daher kälter als heitere. Schon Scheu
zer machte auf diesen im Speciellen häufig beobachteten, a
im Großen nicht weiter verfolgten Gegenstand aufmerksam.
und Hutton behauptete, daß, wenn die Temperatur der heite
Atmosphäre größer sey, als im Durchschnitte in dieser Jahres
der Fall zu seyn pflege, so erzeuge eine Bewölkung des Himm
eine Depression der Temperatur; sey aber die Temperatur
heiterem Himmel geringer als die mittlere, so erfolge mit
Bewölkung eine Erhöhung der Wärme [62]).

Um diesen Umstand näher kennen zu lernen, habe ich
neunjährigen Beobachtungen zu Ofen diejenigen Tage ausgewä
an denen der Himmel ganz heiter oder ganz bewölkt war, u
die mittlere Temperatur jeder Gruppe einzeln aufgesucht. D
nach ergeben sich folgende Größen:

Monat	Heiter	Bewölkt	Unterschied
Januar	— 3°,58	— 0°,86	+ 2°,72
Februar	— 2,45	0,80	+ 3,25
März	3,09	3,61	+ 0,52
April	10,73	9,11	— 1,62
Mai	19,01	15,01	— 4,00
Junius	21,73	18,70	— 3,03
Julius	23,09	20,55	— 2,54
August	22,41	19,65	— 2,76
September	17,65	15,59	— 2,06
October	10,09	9,91	— 0,18
November	3,17	4,19	+ 1,02
December	— 0,85	0,41	+ 1,26

Diese Depression der Temperatur bei trübem Wetter im Som
ist auch Ursache der großen Kälte, welche im Sommer auf

60) Scoresby Reise auf den Wallfischfang S. 299 u. 249.
61) Scheuchzer Naturgeschichte des Schweizerlandes I, 8.
62) Edinb. Trans. I, 84.

en Regen folgt [63]), indem das aus den obern Schichten der
mosphäre herabgefallene Wasser und die darauf folgende Ver-
nstung mit zu dieser Erkaltung beitragen. So bemerkte de
.c in Genf am 21sten August 1764, daß das Thermometer
ch einem Regen auf 10° stand, während er vor demselben eine
ärme von 27°,5 beobachtet hatte [64]). Es scheint übrigens,
ob dieser Unterschied zwischen der Temperatur bewölkter und
iterer Tage desto größer werde, je weiter wir uns von den
isten entfernen; in Sibirien wenigstens ist die Strahlung der
ärme und die Einwirkung der directen Sonnenstrahlen im Win-
so groß, daß der Schnee auf den Dächern bei Temperaturen
ı — 25° bis — 38° (— 20° bis — 30° R) von der Sonne
chmolzen wird [65]); es fehlt jedoch ganz an Beobachtungen,
ı diese Vermuthung zu verificiren.

Die Abhängigkeit der mittleren Temperatur von den Hydro-
teoren zeigt sich besonders auffallend zwischen den Wendekreisen.
hon früher wurde erwähnt, daß der Gang der jährlichen
irme hier sehr von dem in höheren Breiten abweiche [66]), und
zende Tafel zeigt dieses ganz deutlich:

Monat	Calcutta	Seringapatam	Konka	Havanna
Januar	19°,3	24°,9	24°,3	21°,3
Februar	23,8	27,1	....	22,9
März	26,7	29,0	31,6	23,8
April	29,3	29,4	33,5	25,1
Mai	30,0	26,0	32,8	26,6
Junius	28,4	24,9	32,0	28,7
Julius	28,4	23,2	28,7	28,5
August	28,3	24,8	26,9	28,4
September	28,2	25,1	28,5	27,6
October	28,2	23,4	29,6	26,6
November	24,3	22,4	26,5	23,6
December	20,3	22,9	21,4	22,0
Jahr	26,3	25,2	28,7	25,5

3) Wahlenberg Flor. Carp. p. XCIX.
4) de Luc Modif. de l'atm. §. 720. T. III. p. 273 Anm.
5) Hansteen in Bibl. univ. XLII, 261.
6) Bd. I. S. 117.

fast an jedem dieser Orte folgt die Wärme einem andern Gesetze, und wenn wir im Stande wären, die Temperatur-Curven von vielen Orten zwischen den Wendekreisen mit einander zu vergleichen, so würden vielleicht keine zwei derselben so große Uebereinstimmung zeigen, als wir in höheren Breiten gefunden haben. Es ist hier die Differenz in der Höhe der Sonne bei größter nördlicher und südlicher Declination verhältnißmäßig gering und daher auch die kleine Differenz zwischen dem kältesten und wärmsten Monate. An den drei ersten Punkten steigt die Wärme vom Januar bis zum Mai, oder April; nun beginnt die nasse Jahreszeit, die Einwirkung der Sonne wird am Nachmittage verhindert, kaltes Wasser stürzt aus den obern Schichten, welches in der Folge wieder verdunstet. Daher bleibt die Wärme mehrere Monate unverändert, wie in Calcutta, und sinkt nun dem Laufe der Sonne gemäß am Ende des Jahres, oder sie erreicht in der Mitte der nassen Jahreszeit ein zweites Minimum und später ein neues Maximum, wie in Seringapatam und Kouka. Wo es dagegen im Laufe des ganzen Jahres zuweilen regnet und die nasse Jahreszeit sich nur durch reichlichere Niederschläge auszeichnet, da tritt dieser Umstand weit weniger deutlich hervor, wie dieses die Messungen in der Havanna zeigen.

Aus diesem Einflusse des bewölkten Himmels und der nassen Jahreszeit müssen wir es uns auch erklären, weshalb die Temperatur in einigen Gegenden der Aequinoctialgegenden, wo der Himmel das ganze Jahr hindurch trübe ist, geringer gefunden wird, als da, wo beide Jahreszeiten regelmäßig wechseln. So hat das Wasser des Rio Negro am Aequator nur eine Wärme von 23°,9; dagegen liegt die im Orenocco zwischen 4° und 8° N zwischen 27°,5 und 29°,5 [67]).

Nicht minder wichtig als der Einfluß der Hydrometeore ist der der Winde [68]). Es ist eine bekannte Erfahrung, daß es namentlich im Winter bei nördlichen Winden weit kälter ist, als bei südlichen. Um diesen Einfluß der Winde genauer zu bestimmen, darf man nur das Mittel aller Thermometerstände nehmen,

---

67) Humboldt Voyage VII, 422.

68) Hutton in Edinb. Trans. I, 73. L. v. Buch in Abh. der Berl. Acad. 1818. S. 89.

bei den einzelnen Winden beobachtet sind. Da jedoch die
en des Instrumentes von den Tages- und Jahreszeiten ab-
n [69]), die einzelnen Winde aber zu diesen Zeiten nicht gleich
wehen, so wäre es möglich, daß man bei Aufsuchung des
hen Mittels ein Resultat erhielte, welches sich sehr von der
heit entfernte. Um diese Anomalieen zu verkleinern, habe ich,
o wie dieses Dove gethan hat, den Stand des Thermo-
während eines Monates als constant angenommen. War
ärme nebst der Richtung der Winde täglich mehrmals zu
mten Stunden aufgezeichnet, so stellte ich zunächst bei jedem
alle Beobachtungen zusammen, welche in demselben Mo-
nd zu derselben Tageszeit in allen Jahren gemacht waren;
Mittel dieser Messungen gab die thermometrische Windrose
sem Winde zu der gedachten Zeit. Waren täglich etwa
Messungen gemacht, so erhielt ich für jeden Monat drei
, deren Mittel dann den Stand des Thermometers bei den
en Winden angab. Wurde das Mittel der monatlichen
genommen, so ergab sich die thermometrische Windrose
s ganze Jahr oder die einzelnen Jahreszeiten.

Eben dieses Verfahren, die monatlichen Mittel zu benutzen,
ch Dove in einer trefflichen Abhandlung über den Einfluß
indes auf den Stand des Barometers und Thermometers
[70]); indem er die Pariser Beobachtungen berechnet, nimmt
am Mittage aufgezeichneten Wind und sieht das Mittel
Angaben des Thermometrographen als den ihm zugehöri-
ermometerstand an. Besitzt man indessen nicht vieljährige
htungen an einem Orte, so führt dieses Verfahren einen
Uebelstand mit sich. Es kann sich treffen, daß ein sonst
vorkommender Wind in einem Monate nur einmal weht,
ß gerade an diesem Tage das Thermometer ungewöhnlich
er niedrig steht. Wenn man nun bei Herleitung des all-
en Mittels nur die monatlichen Media anwendet, so giebt
eser einzelnen Aufzeichnung dasselbe Gewicht, als dem Mittel

Schouw Klimatologie. Dove in Poggendorff's Ann. XI,
.

Poggendorff's Ann. XI, 567.

einer größeren Zahl von Messungen, wodurch die Curve ei unregelmäßige und offenbar unrichtige Gestalt erhält.

Ich glaube, daß folgendes Verfahren richtiger ist, weil e wenigstens regelmäßigere Curven zeigt. Gesetzt, es sey tägl dreimal beobachtet, um 19^h, 2^h und 9^h, so stelle ich in jed Monate die Aufzeichnungen nach diesen drei Tageszeiten zusam men und suche den mittleren Thermometerstand zu diesen ein zelnen Stunden auf. Dieser betrage respective 10°,2, 14°,3 und 12°,4, ihr Mittel ist 12°,3. Sind diese Größen gefunde, so addire ich zu jeder Beobachtung den Rest, welcher übrig blei wenn das Mittel dieser Tageszeit von dem monatlichen Mi tel subtrahirt wird; ich addire also zu jeder Morgenbeobac tung 12°,3 — 10°,2 = 2°,1, zu jeder Mittagsbeobachtun 12°,3 — 14°,3 = — 2°,0, und zu jeder Abendbeobachtun 12°,3 — 12°,4 = — 0°,1. Man kann jetzt die bei jede Winde gefundenen Thermometerstände zusammen addiren; de Quotient, welchen man erhält, wenn die Summe der Tempera turen durch die Zahl der Beobachtungen dividirt wird, giebt dan den mittleren Wärmegrad bei diesem Winde. Will man aus de monatlichen Windrosen die jährliche herleiten, so wird dasselb Verfahren angewendet. Zu jeder Beobachtung in irgend eine Monate wird der Unterschied zwischen der Temperatur dieses Mo nats und dem jährlichen Mittel addirt.

Ich will die nach diesem Verfahren gefundenen thermome trischen Windrosen an verschiedenen Orten und in verschiedene Jahreszeiten mittheilen.

London.[71])

	N	NO	O	SO	S	SW	W	NW
Jahr	9°,01	9°,66	10°,52	11°,47	11°,69	11°,87	10°,66	9°,69
Winter	1,13	1,54	2,77	3,89	6,18	6,02	4,70	2,38
Frühling	8,21	8,45	9,13	10,86	12,14	11,78	10,49	9,47
Sommer	17,57	18,15	19,14	19,16	18,12	17,92	17,02	17,06
Herbst	9,14	10,53	11,03	11,97	11,32	11,77	10,42	9,86

Diese Tafel zeigt uns ganz bestimmt, wie der mittlere Thermom terstand bei südlichen Winden weit größer ist, als bei nördliche

71) 9jähr. Beob. (1776—81, 87—89) der königlichen Societät in d Phil. Trans. — Da die Beobachtungen um 20h und 2h gema wurden, sind die sämmtlichen Thermometerstände etwas zu groß.

ugleich aber tritt die Abhängigkeit dieses Phänomenes von den ahreszeiten in die Augen. So liegt der wärmste Wind im Winer zwischen S und SW, im Sommer zwischen O und SO. Um diese Punkte mit größerer Schärfe zu bestimmen und zugleich die noch vorhandenen Anomalieen zu entfernen, will ich eben o wie dieses Dove gethan hat [72]) den Ausdruck

$$T_n = t + u' \sin(n.45^\circ + v') + u'' \sin(n.90^\circ + v'')$$

anwenden, wo T_n den dem nten Winde (in der Richtung N, O.) zugehörigen Thermometerstand bezeichnet, die übrigen Größen aber durch die Beobachtungen zu bestimmende Constanten sind. Werden letztere aufgesucht, so erhalten wir die folgenden Ausdrücke:

Jahr: $T_n = 10^\circ,571 + 1,379 \sin(n.45^\circ + 265^\circ 25') + 0,151 \sin(n.90^\circ + 307^\circ 38')$

mit dem wahrscheinlichen Fehler $\varepsilon''(T_n) = 0^\circ,075$.

Winter: $T_n = 3^\circ,576 + 2,530 \sin(n.45^\circ + 246^\circ 32') + 0,325 \sin(n.90^\circ + 352^\circ 56')$

$\varepsilon''(T_n) = 0^\circ,129$.

Frühling: $T_n = 10,066 + 1,941 \sin(n.45^\circ + 249^\circ 24') + 0,184 \sin(n.90^\circ + 97^\circ 48')$

$\varepsilon''(T_n) = 0^\circ,086$.

Sommer: $T_n = 18,018 + 1,052 \sin(n.45^\circ + 333^\circ 34') + 0,123 \sin(n.90^\circ + 252^\circ 18')$

$\varepsilon''(T_n) = 0^\circ,114$.

Herbst: $T_n = 10^\circ,755 + 1,178 \sin(n.45^\circ + 285^\circ 5') + 0,272 \sin(n.90 + 295^\circ 37')$

$\varepsilon''(T_n) = 0^\circ,188$.

Werden hieraus die Winde hergeleitet, bei denen der Thermometerstand das Maximum oder das Minimum erreicht, so erhält man folgende Punkte der Windrose und größte und kleinste Temperaturen:

72) Poggendorff's Annalen XI, 576.

	Minimum		Maximum		Differenz der Extreme
Jahr	N	9°,08	S 12° W	11°,87	2°,79
Winter	N 11° O	1,19	S 30 W	6,38	5,19
Frühling	N 82 O	8,22	S 14 W	12,15	3,93
Sommer	N 54 W	17,05	S 71 O	19,15	2,10
Herbst	N 5 W	9,34	S 24 O	11,67	2,33

Im jährlichen Mittel ist also N sehr nahe der kälteste Wind, während der wärmste mehrere Grade westlich von Süden liegt. Die Winde aber behalten nicht das ganze Jahr hindurch dieselbe Richtung; der kälteste liegt im Winter und Frühlinge auf der östlichen, im Sommer und Herbste auf der westlichen Seite des Horizontes, während der wärmste Wind eine entgegengesetzte Drehung zeigt.

Localursachen können die Lage dieser Winde etwas verrücken, und es scheint daher zweckmäßig, die thermometrische Windrose noch an einigen andern Orten zu bestimmen.

Paris.

Hier geben 11jährige Mittagsbeobachtungen (1816—26) auf der Sternwarte folgende Größen:

	N	NO	O	SO	S	SW	W	NW
Jahr	12°,02	11°,76	13°,50	15°,25	15°,48	14°,92	13°,64	12°,39
Winter	2,90	1,00	1,99	4,58	6,63	7,93	7,03	4,83
Frühling	10,98	11,96	14,04	16,52	16,24	14,57	13,49	11,72
Sommer	21,79	22,49	24,60	26,29	23,60	21,31	21,05	20,60
Herbst	11,85	11,45	12,90	15,25	15,55	15,66	13,49	12,59

Wird hier derselbe Ausdruck angewendet, so erhalten wir folgende Gleichungen:

Jahr: $$T_n = 13°,614 + 1,919 \sin (n.45° + 267° 22') + 0,252 \sin (n.90 + 162° 6')$$
$$\varepsilon'' (T_n) = 0,104.$$

Winter: $$T_n = 4°,611 + 3,295 \sin (n.45° + 219° 53') + 0\ 175 \sin (n.90° + 133° 16')$$
$$\varepsilon'' (T_n) = 0°,120.$$

ihling: $T_n = 13^\circ 690 + 2{,}677 \sin(n.45^\circ + 281^\circ 18') + 0{,}434 \sin(n.90^\circ + 190^\circ 17')$
$\varepsilon''(T_n) = 0^\circ{,}103.$

mmer: $T_n = 22^\circ{,}716 + 2{,}446 \sin(n.45^\circ + 329^\circ 16') + 0{,}774 \sin(n.90^\circ + 184^\circ 49')$
$\varepsilon''(T_n) = 0^\circ{,}227.$

rbst: $T_n = 13^\circ{,}592 + 2{,}181 \sin(n.45^\circ + 258^\circ 51') + 0{,}311 \sin(n.90^\circ + 125^\circ 51')$
$\varepsilon''(T_n) = 0^\circ{,}179.$

erden aus diesen Formeln die Punkte des Horizontes hergelei-
t, aus denen der wärmste oder kälteste Wind weht, so ergeben
h folgende Größen:

	Minimum		Maximum		Unterschied
Jahr	N 18° O	11°,69	S 17° O	15°,70	4°,01
Winter	N 53 O	1,17	S 54 W	7,74	6,57
Frühling	N 7 O	10,97	S 25 O	16,57	5,60
Sommer	W	20,68	S 53 O	25,90	5,22
Herbst	N 28 O	11,49	S 2 W	15,99	4,50

a in Paris der Wind nur am Mittage mitgetheilt wird, so
ibe ich bei dieser Zusammenstellung auch nur die zu derselben
eit gemachte Thermometerbeobachtung benutzt; da in dem Tage-
che 16 Winde angeführt wurden, so habe ich hier so wie an
en übrigen Orten die Zahl der Beobachtungen bei jedem zwei-
ı Nebenwinde halbirt und die gefundene Größe zu jedem der
iden zunächst liegenden ersten Nebenwinde addirt. Weil das
hermometer am Mittage einen Stand hat, welcher größer ist,
s das Mittel, so sind die oben mitgetheilten Größen sämmtlich
was zu hoch. Statt der Thermometerbeobachtung am Mittage
t Dove das Mittel der täglichen Extreme genommen, und
rnach geben 10jährige Beobachtungen (1816—25) für die
; Winde folgende Größen: [73])

73) Poggendorff's Annalen XI, 575.

Wind	Jahr	Winter	Frühling	Sommer	Herbst
N	9°,12	—0°,75	8°,16	20°,95	8°,09
NNO	9,03	—0,48	9,43	18,19	8,99
NO	9,75	0,26	9,92	19,11	9,71
ONO	10,06	0,50	9,98	20,27	9,50
O	11,68	3,29	10,38	20,44	12,59
OSO	11,56	2,20	11,69	20,15	12,15
SO	11,01	2,92	9,97	18,16	12,97
SSO	11,88	4,82	11,35	18,55	13,01
S	12,28	6,20	11,50	18,55	12,88
SSW	11,87	6,31	10,79	17,55	12,88
SW	11,27	4,30	11,19	17,15	12,43
WSW	10,87	5,23	10,25	17,03	10,95
W	10,19	4,35	9,16	16,65	10,63
WNW	9,81	3,56	8,76	16,81	10,09
NW	9,69	2,28	8,72	18,19	9,58
NNW	9,92	1,69	8,51	19,47	9,99

Eine Vergleichung dieser Tafel mit der oben gegebenen zeigt, daß die Curven eine ziemlich große Aehnlichkeit haben, nur sind die Anomalieen etwas größer, weil nur die monatlichen Mittel berücksichtigt sind und die doppelte Zahl von Winden angenommen ist. Dove hat zur Entfernung der Anomalieen dieselbe periodische Function angewendet, welche oben entwickelt wurde, und folgende Größen für 16 Winde gefunden:

Jahr: $T_n = 10°,624 + 1°,267 \sin(n . 22° 30' + 252° 59')$
$+ 0°,194 \sin(n . 45° + 168° 25')$

Winter: $T_n = 2°,917 + 2°,776 \sin(n . 22° 30' + 214° 38')$
$+ 0°,227 \sin(n . 45° + 190° 1')$

Frühling: $T_n = 9°,985 + 1°,249 \sin(n . 22° 30' + 263° 37')$
$+ 0°,317 \sin(n . 45 + 308° 7')$

Sommer: $T_n = 18°,554 + 1°,534 \sin(n . 22° 30' + 359° 59')$
$+ 0°,287 \sin(n . 45° + 94° 23')$

Herbst: $T_n = 11°,016 + 1°892 \sin(n . 22° 30' + 253° 53')$
$+ 0°,341 \sin(n . 45° + 153°)$

Werden hieraus die Winde hergeleitet, bei denen das Thermometer am höchsten oder niedrigsten steht, so erhalten wir bis auf Unterschiede von einigen Graden die oben gegebenen Größen.

Hamburg.

Hier hat Buek [74]) die thermometrische Windrose nach 15jährigen Beobachtungen berechnet und folgende Größen gefunden:

	N	NO	O	SO	S	SW	W	NW
Jahr	8°,00	7°,62	8°,38	9°,50	10°,00	10°,13	9°,25	8°,38
Winter	— 1,37	— 3,12	— 3,25	— 2,00	1,37	2,12	2,25	0,38
Frühling	7,88	7,75	8,75	10,37	9,62	9,62	8,50	7,63
Sommer	17,62	18,25	19,38	20,37	19,00	18,25	16,50	16,38
Herbst	7,75	7,75	8,75	9,12	10,13	10,62	9,88	9,12

Die gegebenen Größen lassen sich durch folgende Formeln ausdrücken:

Jahr: $T_n = 8^\circ,908 + 1^\circ,232 \sin(n.45^\circ + 247^\circ 55') + 0^\circ,098 \sin(n.90^\circ + 109^\circ 22')$

$\varepsilon''(T_n) = 0^\circ,069.$

Winter: $T_n = -0^\circ,452 + 3^\circ 326 \sin(n.45^\circ + 216^\circ 3') + 0^\circ,294 \sin(n.90^\circ + 58^\circ 12')$

$\varepsilon''(T_n) = 0^\circ,338.$

Frühling: $T_n = 8^\circ,765 + 1^\circ,269 \sin(n.45^\circ + 279^\circ 49') + 0^\circ,169 \sin(n.90^\circ + 168^\circ 21')$

$\varepsilon''(T_n) = 0^\circ,194.$

Sommer: $T_n = 18^\circ,219 + 1^\circ,770 \sin(n.45^\circ + 323^\circ 37') + 0^\circ,195 \sin(n.90^\circ + 108^\circ 40')$

$\varepsilon''(T_n) = 0^\circ,183.$

Herbst: $T_n = 9^\circ,140 + 1^\circ,363 \sin(n.45^\circ + 234^\circ 19') + 0^\circ,190 \sin(n.90^\circ + 279^\circ 50')$

$\varepsilon''(T_n) = 0^\circ 115.$

Werden aus diesen Gleichungen diejenigen Punkte der Windrose hergeleitet, bei denen das Thermometer am höchsten oder niedrigsten steht, so ergeben sich folgende Größen:

74) Hamburgs Clima und Witterung S. 62.

	Minimum		Maximum		Unterschied
Jahr	N 30° O	7°,70	S 16° W	10°,20	2°,50
Winter	N 65 O	— 3,77	S 46 W	2,98	6,75
Frühling	N 4 O	7,57	S 18 O	10,16	2,59
Sommer	N 64 W	16,41	S 41 O	20,04	3,63
Herbst	N 23 O	7,70	S 50 W	10,52	2,82

Um zu untersuchen, ob sich diese Einwirkung der Winde au[f] die Angaben des Thermometers auch im Innern von Europ[a] zeige, habe ich die thermometrische Windrose an drei Punkt[en] berechnet, welche einen größern Abstand von den Küsten hab[en,] nämlich in Ofen, Moscau und Stockholm.

Ofen.

Neunjährige Beobachtungen (1782—86, 89—92) be[i den] Astronomen auf der Sternwarte, die in den Mannheimer Eph[e-]meriden mitgetheilt werden, geben folgende Größen:

	N	NO	O	SO	S	SW	W	NW
Jahr	8°,83	9°,85	10°,51	11°,22	12°,30	11°,88	10°,19	9°,74
Winter	—2,71	—1,43	—0,53	—0,99	0,80	1,32	0,03	—0,29
Frühling	8,70	10,14	9,91	11,91	12,42	12,20	9,96	9,36
Sommer	20,26	21,28	23,10	23,75	23,04	22,87	20,64	19,82
Herbst	9,15	9,55	10,10	10,64	12,44	12,62	10,40	9,55

Werden die Constanten unserer Interpolationsformel au[s] den obigen Größen hergeleitet, so erhalten wir

Jahr: $T_n = 10°,565 + 1°,488 \sin(n.45 + 269° 20')$
$+ 0°,220 \sin(n.90° + 29° 11')$
$\varepsilon''(T_n) = 0°,162.$

Winter: $T_n = -0°,475 + 1°,449 \sin(n.45° + 238° 50')$
$+ 0°,458 \sin(n.90° + 309° 41')$
$\varepsilon''(T_n) = 0°,343.$

Frühling: $T_n = 10°,575 + 1°,747 \sin(n.45° + 267° 34')$
$+ 0°,411 \sin(n.90° + 49° 26')$
$\varepsilon''(T_n) = 0°,245.$

Sommer: $T_n = 21°,845 + 1°,756 \sin(n.45° + 305° 55')$
$+ 0°,182 \sin(n.90° + 322° 49')$
$\varepsilon''(T_n) = 0°,211.$

Herbst:

t: $T_n = 10^\circ,556 + 1^\circ,625 \sin(n \,.\, 45 + 253^\circ\, 32')$
$+ 0^\circ,565 \sin(n \,.\, 90^\circ + 28^\circ\, 50')$
$\varepsilon''(T_n) = 0^\circ,140.$

en hieraus der wärmste und der kälteste Wind hergeleitet, halten wir

	Minimum		Maximum		Unterschied
	N 16° W	9°,13	S 11° W	12°,20	3°,07
er	N O	— 2,07	S 63 W	1,25	3,32
ling	N 25 W	9,02	S 12 W	12,69	3,67
mer	N 33 W	19,92	S 42 O	23,44	3,52
ſt	N 25 W	9,13	S 23 W	12,72	3,59

Wir finden hier also noch dieselbe Abhängigkeit von den eszeiten, als im westlichen Europa, und eben dieses bestäti ie Beobachtungen in

Moscau.

Fünfjährige Beobachtungen (1785, 1786, 89, 91, 92), e Stritter theils in Graden der de l'Isleschen, theils Réaumurschen Scale in den Mannheimer Ephemeriden eilte, geben auf das 100theilige Thermometer reducirt fol Größen:

	N	NO	O	SO	S	SW	W	NW
	1°,21	1°,44	3°,53	4°,62	5°,96	5°,69	5°,40	3°,32
r	—14,74	—14,86	—11,86	— 7,96	— 4,26	— 5,13	— 5,56	—11,27
ng	2,30	3,51	4,80	4,74	5,21	7,21	6,29	5,06
ier	16,69	17,78	18,40	19,09	18,74	17,14	17,58	16,46
	0,59	— 0,68	2,78	3,91	4,14	3,51	3,30	1,04

Die in dieser Tafel gegebenen Größen lassen sich sehr nahe folgende Gleichungen ausdrücken:

: $T_n = 3^\circ,884 + 2^\circ,367 \sin(n \,.\, 45^\circ + 245^\circ\, 19')$
$+ 0^\circ,484 \sin(n \,.\, 90^\circ + 245^\circ\, 17')$
$\varepsilon''(T_n) = 0^\circ,134.$

r: $T_n = -9^\circ,405 + 5^\circ,621 \sin(n \,.\, 45^\circ + 241^\circ\, 11')$
$+ 0^\circ,438 \sin(n \,.\, 90^\circ + 244^\circ\, 19')$
$\varepsilon''(T_n) = 0^\circ,350.$

Frühling: $T_n = 4^\circ,890 + 1^\circ,711 \sin (n . 45^\circ + 230^\circ 44')$
$+ 0^\circ,924 \sin (n . 90^\circ + 284^\circ 35')$
$\varepsilon'' (T_n) = 0^\circ,260.$

Sommer: $T_n = 17^\circ,735 + 1^\circ,163 \sin (n . 45 + 312^\circ 0')$
$+ 0^\circ,209 \sin (n . 90^\circ + 221^\circ 3')$
$\varepsilon'' (T_n) = 0^\circ,209.$

Herbst: $T_n = 2^\circ,199 + 2^\circ,167 \sin (n . 45^\circ + 260^\circ 21')$
$+ 0^\circ,628 \sin (n . 90^\circ + 212^\circ 29')$
$\varepsilon'' (T_n) = 0^\circ,324.$

Hieraus ergeben sich folgende Punkte, aus denen der kälteste und wärmste Wind wehen:

	Minimum		Maximum		Untersch.
Jahr	N 19° O	1°,06	S 42° W	6°,90	4°,84
Winter	N 24 O	— 15,41	S 36 W	— 4,13	11,28
Frühling	N 8 O	2,63	S 69 W	7,20	4,57
Sommer	N 22 W	16,65	S 51 O	19,06	2,41
Herbst	N 20 O	— 0,53	S 24 O	4,17	4,70

S t o c k h o l m.

Neunjährige Aufzeichnungen (1784 — 92) von Nicander in den Mannheimer Ephemeriden geben folgende Größen für den Einfluß der Winde auf das Thermometer:

	N	NO	O	SO	S	SW	W	NW
Jahr	2°,65	3°,49	6°,24	7°,89	8°,36	8°,08	7°,35	3°,46
Winter	—8,30	—7,00	—2,80	0,24	1,01	0,63	—0,69	—5,43
Frühling	0,24	—0,23	2,63	4,55	5,10	5,46	5,91	2,40
Sommer	14,88	16,02	16,99	17,08	18,54	17,15	17,08	14,52
Herbst	3,74	5,51	8,23	9,41	8,78	8,46	7,21	3,13

Werden diese Größen nach der gegebenen Interpolationsformel dargestellt, so erhalten wir

Jahr: $T_n = 5^\circ,934 + 3^\circ,028 \sin (n . 45^\circ + 264^\circ 22')$
$+ 0^\circ,646 \sin (n . 90^\circ + 273^\circ 46')$
$\varepsilon'' (T_n) = 0^\circ,205.$

Winter: $T_n = - 2^\circ,792 + 4^\circ,759 \sin (n . 45^\circ + 259^\circ 29')$
$+ 0^\circ,995 \sin (n . 90 + 252^\circ 45')$
$\varepsilon'' (T_n) = 0^\circ,105.$

hling: $T_n = 3^\circ,258 + 2^\circ,976 \sin(n.45^\circ + 240^\circ\ 56') + 0^\circ,908 \sin(n.90^\circ + 241^\circ\ 45')$
$\varepsilon''(T_n) = 0^\circ,189.$

nmer: $T_n = 16^\circ,533 + 1^\circ,584 \sin(n.45^\circ + 278^\circ\ 52') + 0^\circ,425 \sin(n.90^\circ + 337^\circ\ 30')$
$\varepsilon''(T_n) = 0^\circ,293.$

bst: $T_n = 6^\circ,809 + 3^\circ,013 \sin(n.45^\circ + 286^\circ\ 16') + 0^\circ,813 \sin(n.90^\circ + 296^\circ\ 6')$
$\varepsilon''(T_n) = 0^\circ,281.$

aus folgt:

	Minimum		Maximum		Unterschied
r	N 2° O	2°,27	S 26° W	8°,41	6°,14
ter	N 10 O	— 8,56	S 17 W	0,98	9,53
hling	N 21 O	— 0,57	S 64 W	5,85	6,42
nmer	N 21 W	14,60	S 22 W	18,06	3,46
bst	N 16 W	2,98	S 35 O	9,07	6,09

Sämmtliche Punkte Europa's zeigen uns also sehr auffal- diesen Einfluß der Winde auf die Temperatur der Luft. Im tel des Jahres liegt der kälteste Wind etwas östlich von Nor- der wärmste etwas westlich von Süden; im Winter und hlinge geht der kälteste Wind mehr nach Osten, der wärmste r nach Westen; im Sommer dagegen liegt der kälteste Wind ich von Norden, der wärmste östlich von Süden. Dieses iltat geben die Messungen fast an allen sechs Orten. Ver- hen wir nun aber diese Punkte genauer, dann treffen wir bald auf bedeutende Differenzen. So finden wir im jähr- n Durchschnitte:

	Minimum	Maximum
London	N	S 12° W
Paris	N 18° O	S 17 O
Hamburg	N 30 O	S 16 W
Ofen	N 16 W	S 11 W
Moscau	N 19 O	S 42 W
Stockholm	N 2 O	S 26 W

Es ist nun die Frage, ob diese Differenzen einen klimatischen Grund haben, oder ob sie nur von Zufälligkeiten herrühren. Hätte man in jedem Lande Europa's von mehreren Punkten die thermometrische Windrose nach vieljährigen Beobachtungen berechnet, so würde man im Stande seyn, hierauf eine genügende Antwort zu geben; bis jetzt glaube ich annehmen zu dürfen, daß diese Unterschiede in Anomalieen gesucht werden müssen. Die Differenz zwischen den beobachteten und berechneten Werthen ist noch immer sehr bedeutend, wie dieses die jedem Ausdrucke hinzugefügten wahrscheinlichen Fehler zeigen, und es giebt unter den auffallenderen Erscheinungen in der Atmosphäre wenige, zu deren scharfen Fixirung Beobachtungen von so vielen Jahren erforderlich sind, als zu der vorliegenden. Nicht blos die Winde, sondern auch die Thermometerangaben müssen den normalen nach vieljährigem Durchschnitte gefundenen Gang zeigen. Weht nun aber z. B. der Südwind ungewöhnlich häufig im Anfange eines Monates, in welchem die Temperatur des Jahres schnell steigt, etwa im April, der Nordwind dagegen öfter am Ende des Monates, dann wird man offenbar für den Südwind eine zu niedrige, für den Nordwind eine zu hohe Temperatur erhalten.

Es ist aus dem angegebenen Grunde sehr wünschenswerth, daß die thermometrischen Windrosen an recht vielen Orten aufgesucht werden; wer es aber je versucht hat, eine solche zeitraubende Rechnung vorzunehmen, wird bald zu der Ueberzeugung gelangen, daß ein einzelner Physiker unmöglich diese Arbeit durchführen könne, wofern er nicht viele Monate auf die Untersuchung dieses einzigen Phänomenes verwenden will. Da unstreitig für jeden Beobachter die von ihm selbst gefundenen Größen das meiste Interesse haben, so ist sehr zu wünschen, daß jeder Meteorolog diese Verhältnisse wenigstens für seinen Wohnort bestimme.

So lange nicht Untersuchungen an vielen Punkten das Gegentheil erwiesen haben, will ich annehmen, daß der kälteste und und wärmste Wind in ganz Europa, nördlich von Alpen und Pyrenäen aus derselben Richtung kommen; um diese Punkte in den einzelnen Jahreszeiten mit größerer Genauigkeit zu fixiren, will ich das Mittel der an allen Orten gefundenen Größen nehmen.

	N	NO	O	SO	S	SW	W	NW
ahr	6°,95	7°,30	8°,78	9°,99	10°,62	10°,42	9°,41	7°,83
inter	—3,85	—3,98	—2,28	—0,37	1,96	2,15	1,29	—1,57
rühling	6,38	6,93	8,21	9,83	10,12	10,14	9,11	7,61
ommer	18,18	18,99	20,27	20,96	20,17	19,11	18,31	17,47
erbst	7,04	7,35	8,97	10,05	10,39	10,44	9,12	7,55

Werden die Constanten der Interpolationsformel aus diesen
rößen hergeleitet, so erhalten wir die folgenden Ausdrücke:

ahr: $T_n = 8^\circ,914 + 1^\circ,880 \sin(n \,.\, 45 + 259^\circ\, 58')$
$+ 0^\circ,157 \sin(n \,.\, 90^\circ + 260^\circ\, 55')$
$\varepsilon''(T_n) = 0^\circ,021.$

inter: $T_n = -0^\circ,831 + 3^\circ,263 \sin(n \,.\, 45^\circ + 237^\circ\, 16')$
$+ 0^\circ,228 \sin(n \,.\, 90^\circ + 276^\circ\, 55')$
$\varepsilon''(T_n) = 0^\circ,107.$

rühling: $T_n = 8^\circ,541 + 1^\circ,936 \sin(n \,.\, 45^\circ + 258^\circ\, 5')$
$+ 0^\circ,222 \sin(n \,.\, 90^\circ + 245^\circ\, 55')$
$\varepsilon''(T_n) = 0^\circ,063.$

ommer: $T_n = 19^\circ,178 + 1^\circ,578 \sin(n \,.\, 45^\circ + 313^\circ\, 28')$
$+ 0^\circ,106 \sin(n \,.\, 90^\circ + 219^\circ\, 40')$
$\varepsilon''(T_n) = 0^\circ,084.$

erbst: $T_n = 8^\circ,863 + 1^\circ,832 \sin(n \,.\, 45^\circ + 265^\circ\, 39')$
$+ 0^\circ,170 \sin(n \,.\, 90^\circ + 286^\circ\, 34')$
$\varepsilon''(T_n) = 0^\circ,078.$

erden hieraus die Punkte des Horizontes hergeleitet, aus denen
Wind wehen muß, wenn das Thermometer am niedrigsten
er höchsten stehen soll, so erhalten wir

	Minimum		Maximum		Unterschied
hr	N 8° O	6°,88	S 13° W	10°,64	3°,76
nter	N 26 O	— 4,19	S 41 W	2,39	6,58
ühling	N 12 O	6,38	S 18 W	10,25	3,87
mmer	N 37 W	17,67	S 48 O	20,74	3,07
rbst	N 1 O	6,87	S 12 W	10,56	3,69

Suchen wir dagegen die Winde auf, bei denen das Ther-
meter seinen mittleren Stand hat, so ergeben sich folgende
ößen:

	Oestlicher Horizont	Westlicher Horizont
Jahr	S 85° O	N 77° W
Winter	S 58 O	N 56 W
Frühling	S 84 O	N 72 W
Sommer	N 49 O	S 45 W
Herbst	N 89 O	N 81 W

Da das dritte Glied der obigen Ausdrücke sehr klein ist, so läßt Dove dieses weg, indem er glaubt, daß das erste und zweite Glied schon eine hinreichende Annäherung an die Wahrheit geben [75]); dann liegen offenbar der kälteste und der wärmste Wind einander diametral entgegen; die Linie, welche beide verbindet, nennt er den meteorologischen Meridian, und dieser bildet in Paris mit dem astronomischen Meridiane einen Winkel von 17° [76]). Da jedoch noch bei dem Mittel aller obigen Beobachtungen das dritte Glied der Formel einen ziemlich großen Werth behält, so glaube ich dasselbe nicht weglassen zu dürfen; die berechneten Lagen des kältesten und wärmsten Windes zeigen, daß diese Punkte keineswegs diametral entgegengesetzt sind; die in der Folge zu betrachtende Biegung der Isothermen macht es wenig wahrscheinlich, daß man durch eine weit größere Menge von Beobachtungen einen solchen Gegensatz finden wird.

Was uns schon die einzelnen Orte zeigten, das geht auch aus diesem allgemeinen Mittel hervor, der kälteste und wärmste Wind fallen nicht mit N und S zusammen, jener liegt zwischen N und O, dieser zwischen S und W; die Ursache dieser Differenz liegt darin, daß auf der östlichen Seite sämmtlicher Orte ein ausgedehntes Festland, auf ihrer westlichen ein großes Meer liegt. Wirkte hiebei blos die Temperatur trockener Luft, dann würden reine Nord- und Südwinde die kältesten und wärmsten seyn, aber die Landwinde sind trocken, Wasser kann bei ihnen leicht verdünsten, und daher erfolgt eine schwache Temperaturdepression; kommen dagegen die feuchten Seewinde, dann wird die Verdunstung und damit die Erkaltung geringer, ja durch die frei gewordene Wärme des niedergeschlagenen Dampfes wird die

76) Poggendorff's Annalen XI, 578.

76) l. l. S. 586.

Wärme noch etwas erhöht. Nothwendig muß dadurch der wärmste Punkt etwas nach Westen, der kälteste etwas nach Osten rücken.

Dieses Phänomen zeigt eine große Abhängigkeit von den Jahreszeiten. Im Winter ist der SW der wärmste Wind, und der kälteste liegt näher an NO als an N; aber in dieser Jahreszeit ist auch der Einfluß der bei feuchten Westwinden entstehenden Bewölkung auf die Temperaturerhöhung am größten, durch sie wird die lebhafte Strahlung und damit die Erkaltung vermindert; sämmtliche Westwinde haben daher vorzugsweise in dieser Jahreszeit eine ungewöhnlich hohe Temperatur, und da nicht alle Aufzeichnungen der Windfahne vollkommen mit der Richtung des wahren Windes zusammentreffen, so wird es häufig geschehen, daß wir in den Tagebüchern Westwind für Südwestwind finden. Aus diesem Grunde entfernt sich der wärmste Wind so sehr von Süden und die mittlere Temperatur rückt mehr nach Norden. Es kommt zu dem Gesagten noch der bereits erwähnte Umstand [77]), daß unter Orten von derselben Breite die im Innern des Landes liegenden weit kältere Winter haben, als die am Meere befindlichen, und daher die große Kälte der östlichen Winde im Winter.

Im Sommer muß nothwendig das Gegentheil erfolgen; da die westlichen Winde zur Bewölkung des Himmels weit mehr beitragen, als die östlichen, und da die am Meere liegenden Orte zu dieser Jahreszeit eine geringere Temperatur haben, als Orte von derselben Polhöhe im Innern des Landes, so werden die östlichen Winde weit wärmer seyn, als die westlichen, daher liegt der wärmste Wind alsdann bei SO, der kälteste bei NW; die beiden Winde, bei denen die Wärme auf dem Mittel steht, fallen fast mit NO und SW zusammen. Dove glaubt, daß diese hohe Temperatur des SO Windes im Sommer nur in der Nähe des Bodens Statt finde, sich aber nicht durch die ganze Atmosphäre erstrecke, und er stützt sich bei dieser Behauptung theils auf den in der Folge zu betrachtenden Einfluß der Winde auf die Angaben des Barometers, theils auf die Beobachtungen, die im Julius auf dem St. Bernhard angestellt wurden, indem diesen zufolge

77) Bd. I. S. 134.

das Thermometer bei SW Winden bedeutend höher steht, als bei den NO Winden [78]). Der letztere Umstand beweist jedoch wenig, da hier auf dem St. Bernhard wegen der Richtung des Thales fast nur die gedachten beiden Winde wehen, wir haben hier also nur einen Gegensatz zwischen nördlichen und südlichen Winden; der heiße Luftstrom der Sahara, welcher jetzt in den oberen Schichten der Atmosphäre mit größter Stärke weht, wird nun am meisten dazu beitragen, die Wärme der südlichen Winde zu erhöhen. Da sich diese hohe Temperatur des SO Windes an sämmtlichen Orten von London bis Moscau auf dieselbe Art zeigt, so müssen wir die Erscheinung als eine allgemeine ansehen und den erwähnten Gang des Barometers auf eine andere Art zu erklären suchen.

Der Unterschied zwischen den Extremen ist nicht das ganze Jahr hindurch gleich, im Winter ist er mehr als doppelt so groß als im Sommer, und in den übrigen Jahreszeiten hat er nahe die mittlere Größe. Im Winter aber nimmt die Temperatur bei Annäherung an die Pole weit schneller ab, und die Temperaturdifferenzen gleich weit entfernter Orte sind daher größer als im Sommer. Gesetzt, Paris bekäme im Sommer sowohl als im Winter einmal warme Luft von den canarischen Inseln, sodann von Christiania, und die Luft habe bei ihrer Ankunft in Paris genau die mittlere Temperatur der gedachten Jahreszeiten, so würde das Thermometer bei dem von Teneriffa kommenden S Winde auf 18°,1, bei dem von Christiania kommenden N Winde auf — 3°,7 stehen, die Differenz also 21°,8 betragen; im Sommer dagegen würde das Thermometer beim S Winde 24°,8, beim N Winde 15°,8 angeben, die Differenz nur bis zu 9°,0 steigen. Wenn auch die Luftmassen bei ihrer Fortbewegung durch verschiedene Breiten zum Theil schon auf dem Wege ihre Temperatur ändern, so wird doch dieser Gegensatz beider Jahreszeiten stets fortbestehen müssen.

Ob übrigens der Unterschied zwischen den Temperaturen bei nördlichen und südlichen Winden an allen Orten von einerlei Breite gleich sey, läßt sich bis jetzt noch nicht bestimmen. Die obigen Thatsachen scheinen darauf zu deuten, daß er im Innern

78) Poggendorff's Annalen XI, 576.

von Europa größer sey, als an der Küste, wenigstens beträgt die jährliche Differenz in London, Paris und Hamburg im Mittel nur 3°,10, sie steigt in Ofen, Moscau und Stockholm aber bis zu 4°,68. Künftige Untersuchungen müssen zeigen, ob dieser stärkere Einfluß der Winde im Innern des Continentes zufällig ist, oder nicht.

Es folgt aus dem Gesagten, daß die mittleren Temperaturen der einzelnen Jahreszeiten in verschiedenen Jahren sehr ungleich seyn werden, sobald das Verhalten der Winde nicht in ihnen dasselbe ist. Wehen in einem Winter die westlichen, in dem folgenden die östlichen Winde häufiger, als dieses im Mittel der Fall ist, so wird sich ersterer durch Milde, der zweite durch Strenge auszeichnen; den entgegengesetzten Einfluß werden diese beiden Winde auf die Wärme des Sommers haben. Schouw suchte in einer langen Beobachtungsreihe diejenigen Jahreszeiten auf, in denen die östlichen oder westlichen Winde in Copenhagen häufiger wehten, als im Mittel, und indem er zugleich ihre mittleren Temperaturen berechnete, erhielt er folgende Größen [79]:

	Westlich	Oestlich	Unterschied
Winter	0°,54	— 1°,56	— 2°,10
Frühling	6,40	6,05	— 0,35
Sommer	17,24	17,74	+ 0,50
Herbst	9,46	9,46	0,00

An den Ostküsten der beiden großen Continente müssen sich diese Verhältnisse etwas anders gestalten. In Europa sind die westlichen und südwestlichen Winde diejenigen, welche aus niederen Breiten kommen, während östliche und nordöstliche vom Pole herkommend, eine geringere Wärme mitbringen, als jene. Diese Temperaturdifferenz wird durch die Wärme vergrößert, welche bei der Entstehung oder dem Niederschlage der Dämpfe gebunden oder entbunden wird. Aus beiden Gründen ist die mittlere Temperatur der westlichen Winde höher, als die der östlichen. Der Ostküste von Nordamerica dagegen sind die westlichen Winde die Landwinde, bei ihnen erfolgt schnelle Verdunstung und die Temperatur sinkt, während die östlichen Winde Dämpfe mit sich

79) Schouw Klimatologie I, 71.

bringen, deren Wärme beim Niederschlage die Temperatur etwas erhöht. Daher fällt das Minimum der Temperatur auf die nördliche Seite des Horizontes, während das Maximum nahe bei S liegt, wie dieses zweijährige Beobachtungen (1785—1786) von Williams zu Cambridge bei Boston zeigen, wonach wir folgende Größen erhalten:

N	5°,90	S	10°,85
NO	7,46	SW	10,78
O	7,82	W	6,67
SO	9,90	NW	5,63

Diese Größen lassen sich durch folgenden Ausdruck darstellen:

$$T_n = 8^\circ{,}090 + 2^\circ{,}662 \sin(n . 45^\circ + 278^\circ\, 40') + 0^\circ{,}824 \sin(n . 90^\circ + 43^\circ\, 2')$$

Das Minimum liegt bei N 39° W und ist 5°,32, das Maximum bei S 9° W und ist 11°,35, der Unterschied beträgt mithin 6°,03. Die mittlere Temperatur der östlichen Winde ist 8°,28, die der westlichen 7°,69; in Europa dagegen ist die mittlere Temperatur der östlichen Winde 8°,69, die der westlichen 9°,22. Auch in Nordamerica ist die Richtung des kältesten oder wärmsten Windes von den Jahreszeiten abhängig. So wie sich in Europa im Winter die Seewinde durch eine ungewöhnlich hohe, die Landwinde durch eine ungewöhnlich niedrige Temperatur auszeichnen, so auch hier; um jedoch diese Verhältnisse mit Schärfe zu fixiren, sind zweijährige Beobachtungen an einem einzigen Orte nicht hinreichend.

Von der Ostküste Asiens besitze ich nur Aufzeichnungen, welche Amiot 6 Jahre hindurch (1757—62) zu Peking mit einem Reaumürschen Weingeistthermometer anstellte [81]). Diese geben folgende Größen:

N	6°,52 Reaum. Weing.	S	12°,90
NO	6,98	SW	12,28
O	8,98	W	8,20
SO	15,71	NW	5,86

81) Mém. présentés VI, 519.

-enn auch diese Größen, wegen Unvollkommenheit des Instru-
ntes vieles zu wünschen übrig lassen, so zeigen sie uns doch
nügend, daß auch hier völlig ähnliche Verhältnisse Statt fin-
n, als in Nord-America.

Es ist sehr zu wünschen, daß man diese Einwirkung der Winde
f die Temperatur an recht vielen Orten genau untersuche, damit
an im Stande sey, den oft mehr im Allgemeinen angenommenen
s durch genauere Untersuchungen erwiesenen Einfluß von Gebir-
n, Wäldern u. s. w. auf die Wärme eines Ortes kennen zu
nen. Gewiß aber ist es, daß die in den obigen Tafeln ge-
benen Größen nicht die bedeutende Differenz zeigen, welche sie
is zeigen würden, wofern der Boden nicht eine große Ein-
rkung auf die Wärme der Luft hätte. Erhebt sich ein Nord-
nd nach einem Südwinde, dann findet derselbe warme Luft-
assen, die er aus der Stelle vertreiben muß, seine Tem-
ratur wird anfänglich viel höher seyn, als diejenige, welche
ohne diesen Umstand haben würde; findet namentlich im
inter bei diesem Nordwinde eine schnelle Condensation der
ämpfe Statt, dann wird hiedurch die Strahlung verhin-
rt, und die Temperatur kann sogar etwas steigen, wenn
r Himmel bei dem vorherrschenden Südwinde heiter war,
enn aber der Feuchtigkeitszustand der Luft und dadurch die
ärmestrahlung gemeinsam mit dem Winde dahin wirken, der
tmosphäre eine sehr hohe oder niedrige Temperatur zu geben,
ann ändert sich das Thermometer mit der Windrichtung sehr
chnell. Im Innern der Continente bemerkt man diesen Wechsel
hr auffallend. Schon in Ungarn beklagt man sich über diesen
chnellen Wechsel in der Luftwärme [81]); noch mehr ist dieses im
nnern Asiens der Fall. Wenn sich in Persien schnell Nord-
der Südwinde erheben, so ändert sich bei der großen Heiterkeit
es Himmels die Wärme sehr schnell. So ist der vom Elburs
ommende NW Wind (Baad - e - Caucasan) in diesem Lande,
amentlich in Teheran durch seine Kälte berüchtigt; Malcolm
ah das Thermometer am 3ten Junius 1810 Mittags noch auf
5° (92° F.) stehen; als sich aber um 8 Uhr Abends der NW-
Wind erhob, wurde es plötzlich kalt und das Thermometer sank

81) Wahlenberg Flora Carp. p. XCVII sqq.

fast bis zum Gefrierpunkte [82]). Eben diese durch Wärme lung begünstigte Kälte finden wir schon im Alterthume von potamien erwähnt. So sagt Jacob zu Laban: „des Tages schmachte ich vor Hitze und des Nachts vor Frost" [83]).

Selbst in der durch ihre große Hitze berüchtigten afri schen Wüste kann unter diesen Umständen eine sehr niedrige peratur beobachtet werden. Als Clapperton von Kouk Bornu nach Sackatoo reiste, so bemerkte er Morgens am 2 December 1823 auf einer weiten Ebene, daß im Wasser stückchen schwammen, und die Wasserschläuche waren so hat froren als ein Brett; man vergaß den Stand des The meters aufzuzeichnen, am folgenden Tage stand es beim gange der Sonne auf 7°,2, am 31sten December auf 5°, Eben so fanden Ehrenberg und Hemprich in Dongola 19° N beim Nordwinde eine solche Kälte, daß das Thermo im December bis auf 3°,1 sank [85]), ja man hat in dieser G Beispiele, daß die stehenden Wasserstellen in den Wüsten sich einer zolldicken Eisrinde bedeckten [86]). Auf dem Wege von seir am rothen Meere nach dem Nilthale beobachtete Elphinst am 2ten Januar 1828 auf einer mit Sand und kleinen St bedeckten Ebene beim Aufgange der Sonne eine Temperatu 1°,7 [87]). Wenn demnach im Winter, besonders während Nacht, Südwinde aus der Wüste nach dem Delta des Nils w so ist ihre Wärme geringer als die der vom Meere komme Nordwinde, und Abd-Allatif erwähnt daher die große der Südwinde im Winter als eine Merkwürdigkeit Aegyptens

Wenn aber in eben diesen Gegenden die hochstehende S kräftig auf den Sandboden wirkt, welcher seiner Natur nach strahlt und schlecht leitet, dann steigt die Temperatur sehr sc

82) Malcolm history of Persia II, 509.
83) 1 Buch Mose XXXI, 40.
84) Denham Narrative im Journey from Kouka to Sack p. 10, 14 u. s. w.
85) Humboldt über die Hauptursachen der Temperatur schiedenheit S. 9.
86) Rüppell Reisen S. 72.
87) Das Ausland 1829. No. 18. S. 72.
88) Abd-Allatif rel. de l'Eg. ed. Sacy S. 6.

jenem Tage, wo Elphinstone am Morgen eine so
:emperatur gefunden hatte, stand das Thermometer um
ıuf 14°,5, und um Mittag auf 21°,1. Im Innern
reicht vor dem Anfange der Regenzeit das Thermometer
:inen Stand von 50°, und selbst im Mittel hat es in
April und Mai um 3 Uhr eine Höhe von etwa 40°.
t geringer sind diese Oscillationen auf dem hohen Meere,
ampf die starke Zunahme und die große Depression der
erhindert.
will in den folgenden Tafeln einige der höchsten und nied-
obachteten Temperaturen hauptsächlich nach Arago [89]),
[90]) und Cotte [91]) geben; es sind die mitgetheilten
ie in einer längern Reihe von Jahren gefundenen Ex-
Es scheint zur Vergleichung der Klimate jedoch zweck-
das Mittel der höchsten und niedrigsten in einer langen
ı Jahren gefundenen Stände zu nehmen, wie dieses
ann gethan hat [92]).

:ima der Temperatur auf dem Lande.

Ort	Breite	Maxima der Temper.	Beobachter	Quelle
	0° 0′	38°,4	Humboldt	Ar.
	5. 38 N	32,3	Humboldt	Ar.
	11. 55 N	44,7	le Gentil	Ar.
	13. 13 N	40,0	Roxburgh	Ar.
ſakih	14. 31 N	38,1	Niebuhr	Ar.
:	14. 35 N	35,0	Chanvalon	Ar.
	14. 36 N	43,7	le Gentil	Ar.
Madagascar)	15. 27 S	45,0	le Gentil	Ar.
:	15. 59 N	38,4	le Gaux	Ar.
	19. 12 N	35,6	Orta	Ar.
nce	20. 9 S	32,6	Cossigny	Ar.
gypten)	24. 0 N	43,1	Coutelle	Ar.
	30. 2 N	40,2	Coutelle	Ar.
	30. 45 N	46,3	Beauchamp	Ar.
(Neu-Holl.)	33. 49 S	41,1	Brisbane	Ar.
gut. Hoffnung	33. 55 S	43,7	la Caille	Ar.
	41. 59 N	31,3	Calandrelli	Sch.

ıales de chimie XXVII, 423.
ön Witterungskunde Tafel VII.
tté Mém. Bd. II.
:gmann phys. Beschr. d. Erdk. II, 103. §. 139.

Ort	Breite	Maxima der Temper.	Beobachter	Quelle
Cambridge (Nord-Amer.)	42° 25 N	33°,5	Williams	Sch.
Padua	45. 18 N	36,3	Toaldo	Sch.
la Rochelle	46. 9 N	34,4	Seignette	Sch.
Wien	48. 12 N	35,9	Brequin	Ar.
Strasburg	48. 35 N	35,9	Herrenschneider	Ar.
Paris	48. 50 N	38,4		Ar.
Prag	50. 5 N	35,4	Strnadt	Sch.
Warschau	52. 14 N	33,8	Delsuc	Ar.
Berlin	52. 33 N	35,0	Beguelin	Sch.
Franecker	52. 36 N	34,0	van Swinden	Ar.
Nord-America	55. 0 N	30,5	Franklin (Reise)	Ar.
Copenhagen	55. 41 N	33,7	Bugge	Ar.
Moscau	55. 45 N	32,0	Stritter	Sch.
Näin (Labrador)	57. 0 N	27,8	de la Trobe	Ar.
Stockholm	59. 20 N	34,4	Ronnow	Ar.
Spydberg (Norwegen)	59. 30 N	30,9	Wilse	Sch.
Petersburg	59. 56 N	33,4	Euler	Sch.
Abo	60. 27 N	34,2	Leche	Ar.
Eyafiord (Island)	66. 30 N	20,9	van Scheels	Ar.
Hindoën (Norwegen)	68. 30 N	25,0	Schytte	Ar.
Melville's Insel	74. 45 N	15,6	Parry	Ar.

Wie man aus dieser Tafel ersieht, sind die Maxima der Temperatur im Innern des Landes in hohen Breiten noch fast eben so groß als am Aequator, und die Physiker, welche nur die Temperaturextreme verglichen, glaubten daher einen allgemeinen Sommer annehmen zu dürfen, indem sie vermutheten, daß die Monate Junius, Julius und August allenthalben einerlei mittlere Temperaturen hätten, was jedoch nicht durch die Erfahrung bestätigt wird [93]). De Luc, welcher bei der Vergleichung der Klimate die Extreme verglich, machte jedoch bereits auf den Umstand aufmerksam, daß die niederen Breiten sich von unsern Gegenden nicht sowohl durch die Intensität als vielmehr durch die Dauer der Wärme unterschieden, und daß das Maximum der Wärme auf dem hohen Meere weit geringer sey, als auf dem Lande [94]). Dieses wird auch durch folgende von Arago gemachte Zusammenstellung bestätigt:

---

93) Arago in Ann. de Chimie XXVII, 425.

94) de Luc Modif. de l'atm. I, 200. §. 207.

	Breite	Temperatur	Beobachter
Atlantisches Meer	14° 54′ N	27°,5	Bayley
Süd-See	17. 46 S	28,9	Bayley
Atlantisches Meer	4. 5 N	28,3	Bayley
Atlantisches Meer	14. 50 N	28,6	Wales
Atlantisches Meer	11. 12 N	29,2	Wales
Atlantisches Meer	0	26,3	Lamanon
Atlantisches Meer	0. 58 S	27,2	Churruca
Atlantisches Meer	9. 16 N	28,4	Dentrecasteaux
Molucken-Meer	10. 42 S	30,6	Dentrecasteaux
Molucken-Meer	0. 3 S	29,7	Dentrecasteaux
Atlantisches Meer	0. 33 S	27,7	Perrins
Großer Ocean	0. 11 N	28,0	Humboldt
Großer Ocean	11. 14 N	30,0	Kotzebue
Atlantisches Meer	4. 21 N	27,8	John Davy
Atlantisches Meer	4. 43 N	27,5	Lamarche
Sunda-Meer	5. 38 N	29,4	Basil Hall
Chinesisches Meer	13. 29 N	29,1	Basil Hall
Indisches Meer	2. 10 N	28,1	John Davy
Atlantisches Meer	5. 38 S	29,1	Lamarche
Großer Ocean	20. 10 N	30,3	Kotzebue
Südsee	8. 55 S	30,0	Kotzebue
Atlantisches Meer	3. 48 N	28,8	Simonoff

Wir dürfen hieraus folgern, daß die Wärme auf dem hohen Meere und in großer Entfernung von dem Lande nie über 30° steigt, da noch die Frage bleibt, ob bei den wenigen Messungen, wo das Thermometer etwas höher stand, die Reverberation des Schiffes nicht einigen Einfluß gehabt habe.

Weit größere Differenzen als die Maxima der Temperatur zeigen uns die kleinsten Wärmegrade in verschiedenen Gegenden[95]). Da das Quecksilber bei — 39°,5 gefriert, so kann man annehmen, daß die Wärme an allen den Orten geringer als — 40° war, wo dasselbe zu einem festen Körper erstarrte. Ich will hier nach Arago[96]) die einzelnen Angaben über das Gefrieren des Quecksilbers zusammenstellen:

95) Bergmann Phys. Beschr. d. Erdk. II, 108.
96) Ann. de chim. XXVII, 424.

Ort	Breite	Länge (Paris)	Beobachter und Zeit
Jeniseisk	58°⅜ N	89°¾ O	Gmelin (December 1734)
Jakutsk	62 N	129¼ O	Delisle (1736) [97]
Fort Kirenga	57½ N	105⅛ O	Gmelin (27 Novbr., 29 Decbr. 1737; 9 Januar 1738)
Bei Solikamsk	59 N	58 O	Gmelin (December 1742)
Sombio	ebend.	ebend.	Hellant (Januar 1780)
Bei Krasnojark	56½ N	91 O	Pallas (8—12 Dec. 1771, 5—9 Jan. 1772 u. 6, 7 u. 9 Dec. 1772)
Fort York (Hudsonsbai)	58 N	95 W	Hutchins (oft)
Fort Albany	52, 14 N	84⅓ W	Hutchins (zweimal im Winter 1774 bis 1775, dreimal im Winter von 1777 bis 1778 u. am 26sten Jan. 1782)
Wilegorsk	61 N	34 O	von Elterlein (4 Januar 1780)
Jemteland (Schweden)	63½ N	13 O	Törnsten (1sten Januar 1782)

Folgende Tafel enthält die kleinsten Thermometerstände an verschiedenen Orten:

	Breite	Temper.	Beobachter	Quelle
Surinam	5° 38 S	21°,3		Cotte
Pondicheri	11. 42 N	21,6	Cossigny	Cotte
Madras	13. 45 N	17,3		Cotte
Martinique	14. 35 N	17,1	Chanvalon	Cotte
Manilla	14. 36 N	16,9	le Gentil	Cotte
Antongil (Madag.)	15. 27 S	20,0	le Gentil	Cotte
la Guadeloupe	15. 59 N	19,4	le Gaur	Cotte
Ile de France	20. 10 S	17,9	Cossigny	Cotte
Cairo	30. 2 N	9,1	Niebuhr	Cotte
Bagdad	33. 21 N	— 5,0	Beauchamp	Cotte
Vorgeb. d. gut. Hoffn.	33. 55 S	5,6	la Caille	Cotte
Aleppo	36. 12 N	4,4	Russel	Cotte
Algier	36. 40 N	12,5	Taitebout	Cotte
Rom	41. 59 N	— 5,0	Calandrelli	Schön
Cambridge (N A.)	42. 25 N	— 24,4	Williams	Schön
Padua	43. 18 N	— 15,6	Toaldo	Schön
la Rochelle	46. 9 N	— 16,5	Seignette	Schön
Wien	48. 12 N	— 21,9		Schön
Paris	48. 50 N	— 23,5		Arago
Prag	50. 5 N	— 27,5	Strnadt	Schön
London	51. 31 N	— 8,3	Königl. Soc.	Schön
Berlin	52. 33 N	— 29,7	Beguelin	Schön
Cumberland House	4 N	— 42,2	Franklin	Arago
Copenhagen	55. 41 N	— 17,8	Bugge	Schön
Moskau	55. 45 N	— 38,8	Stritter	Schön

Nain

97) In dem Barometer, welches de l'Isle de la Croyere besaß und Gmelin zeigte, war das Quecksilber offenbar gefroren, obgleich letzterer diese Erklärung verwarf. Jener scheint also das Gefrieren des Quecksilbers zuerst beobachtet zu haben. Arago l. l.

	Breite	Temper.	Beobachter	Quelle
Nain	57° 0 N	—33°,6	de la Trobe	Cotte
Stockholm	59. 20 N	—26,9	Nicander	Schön
Spydberg	59. 30 N	—28,8	Wilse	Schön
Petersburg	59. 56 N	—34,0	Euler	Schön
Fort Enterprise	64½ N	—49,7	Franklin	Arago
Winter-Island	66⅓ N	—38,6	Parry	Ar.
Inglootik-Insel	69⅓ N	—42,8	Parry	Ar.

uch in dieser Tafel ist der Einfluß, welchen die Nachbar-haft des Meeres auf die Temperatur äußert, nicht zu ver-ennen; denn Orte, welche in der Nähe desselben liegen, aben nicht so tief liegende Temperaturen, als die im Innern es Landes.

Als wir im zweiten Abschnitte den Gang der Wärme im Laufe des Jahres untersuchten, so zeigten die Orte in sehr un-leichen Breiten ziemlich übereinstimmende Gesetze; vom Januar is zum Julius und von dieser Zeit bis zum Winter änderte sich ie Temperatur sehr regelmäßig. Sollten aber die beobachteten nd berechneten Größen wenig von einander abweichen, so war ine langjährige Reihe von Beobachtungen erforderlich, weil die nomalieen einzelner Jahre sonst einen zu großen Einfluß erhielten: eigten sich diese unregelmäßigen Oscillationen schon bei einem eitabschnitte von 30 Tagen, so müssen sie noch weit auffallender ervortreten, wenn wir die Temperature einzelner Tage bestim-en. Die Temperaturcurve, bei welchen kleinere Abschnitte nes Monates als Abscissen angesehen werden, ist weit unregel-äßiger, als die für das ganze Jahr gültige. Besitzt man Beob-htungen, die eine hinreichende Zahl von Jahren angestellt sind, ann zeigen die Mittel zehntägiger Temperaturen eine ziemlich gelmäßige Krümmung der Curve zwischen Januar und Julius; er schon bei den Mitteln fünftägiger Beobachtungen treten die nomalieen auffallend hervor. W. Brandes hat diesen Ge-nstand zuerst näher untersucht und die Mittel fünftägiger Beob-htungen an verschiedenen Orten verglichen [93]). Die Orte, denen er diese Vergleichung vorgenommen hat, sind folgende: Petersburg nach neunjährigen (1783—86, 1788—92) eobachtungen; 2) Stockholm nach funfzigjährigen Beobachtungen

93) Brandes Beiträge S. 1.

(1788—1807), berechnet von Öfverbom; 3) Euxhav nach zehnjährigen Beobachtungen (1788—98) von Wolmann; 4) Zwanenburg in Holland nach zwanzigjährigen Beobachtungen (1765—85); 5) London nach sechzehnjährigen Beobachtungen (1800—1815) in den Philosophical Transacti... 6) Mannheim nach zwölfjährigen Beobachtungen (1781—1792); 7) Wien nach 24jährigen Beobachtungen (1763—1786); 8) der St. Gotthard nach 10jährigen Beobachtungen (1782—86, 1788—92); 9) la Rochelle nach neunjährigen Beobachtungen 1782—90), und 10) Rom nach ...jährigen Beobachtungen (1783—92). Diesen habe ich ... hinzugefügt die Mittel 24jähriger Beobachtungen (1799—1822) von Sommer zu Königsberg [99]), die Mittel 21jährigen Beobachtungen (1806—26) von Bouvard zu Paris [100]), die von Dr. Eisenlohr handschriftlich mitgetheilten Mittel 25jähriger Beobachtungen (1801—25) von Böckmann zu Carlsruhe, und endlich die Mittel 20jähriger Beobachtungen (1758—1777) von Meermann zu Frankfurt am Main [1]).

Die folgende Tafel enthält die mittleren Temperaturen sämmtlich in Graden des hunderttheiligen Thermometers.

---

99) Mitgetheilt von Bessel in Schumacher astron. Nachr. II, 25.

100) Mém. de l'Ac. des Sc. VII, 326.

1) Thilo über Peter Meermann's auf hiesiger Stadtbibliothek befindliche thermometrische Beob. und Berechn. Frankfurt 1821. Schulprogramm vom Herrn Verf. mir gütigst mitgetheilt.

Paris	Frankfurt	Mannheim	Carlsruhe	Wien	Gotthard	Rom
1,96	— 0,12	— 0,44	0,69	— 3,85	— 7,45	8,40
1,87	— 0,69	0,28	— 0,25	— 4,20	— 7,75	7,02
1,67	+ 0,12	— 0,64	— 0,31	— 2,98	— 5,65	9,03
1,75	— 0,75	1,48	0,67	— 2,77	— 8,12	9,00
1,67	— 0,25	1,68	0,58	— 2,35	— 7,31	8,00
3,10	0,13	3,16	0,68	— 2,05	— 7,30	8,27
3,74	0,87	2,23	1,83	— 3,55	— 8,78	7,86
4,92	1,37	3,18	2,82	— 2,72	— 7,72	8,27
4,92	2,94	2,89	3,05	— 0,90	— 9,30	8,40
4,79	3,62	0,95	2,75	— 1,00	— 10,27	8,15
5,02	4,06	2,60	3,72	0,28	— 8,11	9,15
4,86	4,69	3,36	4,23	1,94	— 7,11	9,00
5,92	4,88	3,46	4,67	2,00	— 7,39	10,05
5,51	4,44	3,61	4,34	2,32	— 7,75	10,65
5,75	5,31	3,51	4,51	1,32	— 7,67	10,39
6,65	6,06	5,60	6,27	3,77	— 6,45	11,11
7,31	6,00	6,74	6,77	3,03	— 6,72	11,22
8,14	6,31	6,44	8,00	3,05	— 7,88	11,18
8 11	7,56	7,91	8,79	5,07	— 7,15	11,71
9,61	7,63	9,34	9,62	6,07	— 4,85	12,60
9,52	9,56	11,04	10,20	7,05	— 1,47	13,99
9,25	9,31	11,71	10,13	7,85	— 0,90	14,57
11,11	11,31	11,91	11,33	8,57	— 1,92	14,31
11,41	11,94	12,05	12,98	9,67	0,06	15,80
13,51	12,38	12,79	14,75	11,35	— 0,11	15,94
14,17	13,94	13,56	15,41	12,08	0,26	16,45
14,07	13,56	15,98	14,69	13,00	2,26	17,54
15,19	14,62	16,79	15,77	13,00	3,32	18,47
14,88	16,19	17,15	16,17	13,75	3,95	19,58
15,29	15,25	17,89	16,55	13,62	5,17	20,20
16,13	16,37	17,54	17,02	14,70	3,79	19,69
16,20	17,19	17,60	17,87	15,85	4,25	20,00
16,78	17,50	18,74	18,02	16,45	5,60	21,24
16,42	17,94	20,07	17,53	16,74	6,85	22,41
16,20	17,63	19,77	17,13	16,21	6,69	23,11
17,60	18,44	20,05	18,07	17,82	6,55	23,45

	Peters-burg	Stock-holm	Königs-berg	Cuxhaven	Zwanen-bur[illegible]
Juni 30 — Juli 4	16,04	16,57	15,91	16,62	17,[illegible]
Juli 5 — 9	16,81	17,27	17,04	17,29	18,[illegible]
10 — 14	17,61	17,55	17,05	18,36	18,[illegible]
15 — 19	18,01	17,84	16,59	19,32	18,[illegible]
20 — 24	19,08	18,06	17,55	17,86	18,[illegible]
25 — 29	18,48	18,17	17,76	18,15	19,[illegible]
30 — Aug. 3	18,42	17,86	17,65	18,34	18,[illegible]
Aug. 4 — 8	16,49	17,45	17,51	17,21	19,[illegible]
9 — 13	16,25	17,21	17,20	18,01	18,[illegible]
14 — 18	16,63	16,45	16,65	17,89	18,[illegible]
19 — 23	15,89	16,20	15,70	17,79	18[illegible]
24 — 28	15,85	15,09	15,52	17,06	18[illegible]
29 — Sept. 2	12,39	14,33	14,97	16,78	18[illegible]
Sept. 3 — 7	12,26	13,74	13,28	16,06	17[illegible]
8 — 12	11,80	12,92	13,08	15,71	16,[illegible]
13 — 17	10,35	11,99	11,83	14,66	16[illegible]
18 — 22	9,19	11,16	11,03	13,52	15[illegible]
23 — 27	8,68	10,46	10,60	13,20	15[illegible]
28 — Oct. 2	6,44	9,00	9,10	12,40	13[illegible]
Oct. 3 — 7	5,23	8,79	8,61	12,44	13[illegible]
8 — 12	5,19	7,51	7,19	10,69	12[illegible]
13 — 17	3,93	6,61	6,88	11,19	11[illegible]
18 — 22	2,00	5,60	6,84	10,26	10[illegible]
23 — 27	2,13	5,25	5,69	7,89	10[illegible]
28 — Nov. 1	0,53	4,17	4,17	6,77	[illegible]
Nov. 2 — 6	— 1,55	3,79	4,10	5,99	[illegible]
7 — 11	— 0,66	3,15	3,62	4,29	[illegible]
12 — 16	— 2,64	1,88	1,85	4,96	[illegible]
17 — 21	— 3,03	0,17	1,50	4,12	6[illegible]
22 — 26	— 5,40	— 0,39	1,02	2,80	4,[illegible]
27 — Dec. 1	— 4,13	— 0,61	0,25	2,34	[illegible]
Dec. 2 — 6	— 3,75	— 1,40	— 1,05	2,24	[illegible]
7 — 11	— 4,78	— 1,60	— 1,51	1,79	[illegible]
12 — 16	— 7,68	— 2,16	— 2,24	0,69	[illegible]
17 — 21	— 9,26	— 3,15	— 3,86	1,36	[illegible]
22 — 26	— 8,70	— 3,16	— 2,92	0,70	[illegible]
27 — 31	— 9,81	— 4,34	— 4,54	0,55	[illegible]

Bei Betrachtung dieser Tafeln fallen sogleich die Unregelmäßigkeiten im Gange der Wärme in die Augen. Ich will hier einige dieser Anomalieen nach Brandes näher betrachten. Fast allenthalben nimmt die Kälte vom Anfange Januars bis gegen die Mitte dieses Monates zu, dann beginnt eine Zunahme der Wärme, welches in Stockholm bis zum 28sten Januar dauert, worauf die Temperatur wieder geringer wird, welches bis gegen den 12ten Februar dauert. „Diese Depression, welche man in „Stockholm bemerkt, zeigen auch die Wiener, Rocheller und „Mannheimer Beobachtungen und die vom St. Gotthard, ob„gleich sie aus verschiedenen Jahren sind und folglich Zufällig„keiten einzelner Jahre nicht merklich einwirken können" [2]). Es scheint mir jedoch wahrscheinlich, daß diese Depression ihren Grund vorzüglich in Zufälligkeiten habe. Es tritt dieselbe zu einer Zeit des Jahres ein, wo die Temperatur wegen der geringen Aenderung in der Sonnenhöhe noch langsam wächst, wo also äußere Störungen einen großen Einfluß haben. Da die Beobachtungen zu la Rochelle, Mannheim, Petersburg und auf dem St. Gotthard zwischen den Jahren 1781 und 1792 angestellt wurden, so sind sie zum großen Theil gleichzeitig und die Uebereinstimmung beweist daher weniger; vergleichen wir statt Mannheim, wo diese Temperaturdepression gegen die Mitte des Februar sehr bedeutend ist, die Resultate der längeren Beobachtungsreihen zu Frankfurt und Carlsruhe, also an zwei Orten, zwischen denen es in der Mitte liegt, so nimmt an beiden Orten die Wärme ziemlich regelmäßig zu, und nur in Carlsruhe zeigt sich eine schwache Abnahme der Wärme vom 12ten bis 17ten Februar. Eben so zeigt Paris eine ziemlich regelmäßige Zunahme der Temperatur in dieser ganzen Zeit.

Ziemlich übereinstimmend zeigen die meisten Orte am 17ten Februar eine geringere Wärme, als an den vorhergehenden Tagen, ja auf dem St. Gotthard tritt alsdann das Minimum ein, aber auch hier zeigen Königsberg, Stockholm und Frankfurt eine Zunahme der Wärme, die auch in der langen Reihe zu Zwanenburg hervortritt.

---

2) Brandes S. 11.

„Nach dem 12ten Februar fängt in Schweden und nach „dem 17ten Februar an den andern Orten eine Zunahme der „Wärme an, die aber bald durch eine aus dem nördlichen Asien „herkommende neue Kälte auffallend unterbrochen wird. Diese „sehr merkwürdige späte Kälte erreicht die verschiedenen Orte „desto später, je westlicher und südlicher sie sind. In Moscau „und Petersburg tritt ihr höchster Grad am 4ten März ein, und „sie ist dann eben so strenge, als im Anfange des Jahres; in „Stockholm ist sie am 9ten März oder etwas später am größten. „In Cuxhaven und London ist ebenfalls die Zeit um den 9ten „März am kältesten; auf dem Gotthard sind am 9ten und „14ten März fast gleich kalte Tage; Wien hat am 14ten die „größte Kälte; und obgleich in Rom, Rochelle, Zwanenburg, „Mannheim keine erhebliche Kälte eintritt, so ist doch an allen „diesen Orten der 14te März als derjenige Tag bezeichnet, wo „erst das Hinderniß aufhört, welches bisher einen gänzlichen Still„stand in der Zunahme der Wärme veranlaßte" [3]). Daß der angegebene Grund dieser Temperaturdepression, nämlich die dann lebhafter eintretenden Ostwinde, der richtige sey, geht aus der oben betrachteten Abhängigkeit der Winde von den Jahreszeiten hervor [4]); indem diese kalte Luftmassen aus Nordosten mit sich bringen, nimmt die Wärme bedeutend ab. Diese kalten Winde treten jedoch wohl kaum in allen Jahren zu derselben Zeit ein, bald früher, bald später, und die Biegung wird in einer Curve, die nach vieljährigen Beobachtungen construirt ist, regelmäßiger, wie dieses die für Paris und Königsberg gefundenen Größen beweisen. Daß aber die starke Temperaturdepression am Ende des Februar in Petersburg ihren Grund in den Winden habe, das zeigt eine nähere Betrachtung dieser. Wir finden hier folgende Winde aufgezeichnet:

---

3) Brandes S. 12.

4) Bd. I. S. 240.

	N	NO	O	SO	S	SW	W	NW
bruar 15—19	7	6	14	4	11	5	9	2
20—24	9	6	6	9	8	9	8	6
25—März 1	10	6	10	10	5	2	9	6
ärz 2—6	8	10	7	8	6	8	11	4
7—11	7	6	9	12	8	7	8	5
12—16	4	6	8	4	9	14	10	8

erden diese Windverhältnisse mit der Temperatur verglichen, so den wir wieder einigen Zusammenhang zwischen beiden. Es nämlich

	Richtung	Oestlich zu Westlich	Nördlich zu Südlich	Temperatur
br. 15—19	S 57°O	1:0,67	1:1,33	— 9°,63
20—24	S 32 W	1:1,10	1:1,24	— 9,40
25—Mz 1	N 53 O	1:0,65	1:0,77	—10,54
ärz 2—6	N 23 O	1:0,92	1:1,00	—12,16
7—11	S 38 O	1:0,74	1:1,50	— 8,63
12—16	S 53 W	1:1,78	1:1,50	— 7,01

dem die mittlere Luftströmung vom 25sten Februar bis n 1sten März mit NO zusammenfällt, hat die Temperatur nell abgenommen, und indem die Winde in den folgenden Ta- n noch mehr nach Norden gehen, ist dieses Sinken ungeachtet s höheren Standes der Sonne fortdauernd; erst vom 7ten , wo der Wind aus SO, und noch mehr vom 12, wo er aus V kommt, zeigt sich eine schnelle Zunahme der Wärme.

Von der Mitte des März an beginnt die Periode, wo sich Declination der Sonne am schnellsten ändert, und damit er- gt zugleich eine schnellere Zunahme der Temperatur; eigent- e Rückgänge der Wärme kommen hier nicht vor, der Einfluß älliger Störungen wird weniger bedeutend, daher zeigen sich r Differenzen in der Schnelligkeit dieser Zunahme. So wie aber die Sonne dem Wendekreise des Krebses nähert, steigt Wärme langsamer, und aufs Neue zeigen sich am höchsten nkte der jährlichen Wärmecurve Schwankungen, welche jedoch ht die Größe erreichen, als die beim Minimum beobachteten.

„Merkwürdig ist unstreitig der Zeitpunkt der größten Somm
„hitze, der in allen südlichen Gegenden später eintritt, als in d
„nördlichen. — In Stockholm ist vom 7ten bis 27sten Ju
„die Zunahme der Wärme unbedeutend, aber der 27ste Ju
„doch erst der wärmste Tag. Auch in Petersburg können
„die Tage vom 22sten Julius bis gegen den 1sten August als
„wärmsten ansehen, denn die große Wärme am 22sten Ju
„kann wohl nur als ein unvollkommenes Resultat unserer kur
„Beobachtungsreihe angesehen werden. In Cuxhaven zeigt
„die ziemlich gleich bleibende größte Wärme vom 17ten Ju
„bis zum 1sten August fort. In Mannheim ist der 27ste Ju
„in London der erste August, in Rom, Rochelle, Zwanenbu
„und St. Gotthard der 6te August der Zeitpunkt der größt
„Wärme, und in Wien scheint diese sogar erst am 16ten Au
„einzutreten. Indeß ist die Wärme in Wien am 27sten Ju
„fast eben so groß, und die etwas größere Wärme, die wir a
„16 August finden, muß doch wohl nur als etwas Zufälliges
„bestimmten Jahre angesehen werden, in welchen Pilgra
„beobachtete."

„Aber merkwürdig ist der ganze Gang der Wärme
„ihrem Maximum nach der Mitte des Julius bis zu ihrem
„ken Abnehmen am Ende des August. Die Wärme erreich
„eigentlich zweimal einen größten Werth, zuerst in dem letzt
„Drittel des Julius und dann nach einer mehr oder minder
„deutenden Abkühlung aufs Neue um den 11ten bis 16ten Aug
„Die letztere Wärme ist in der Regel geringer als die erstere"[5])

Nach den im zweiten Abschnitte gegebenen Tagen, an de
die höchste Wärme eintritt [6]), scheint es mir wenig wahrsch
lich, daß der Zeitpunkt der größten Temperatur von der Br
abhängig sey; es läßt sich dieser Moment der größten Wä
um so weniger aus diesen fünftägigen Mitteln herleiten, da
diese Zeit viele Unregelmäßigkeiten vorhanden sind, so daß
zwei gedachten Maxima sich zeigen. Wo aber die Messunge
längere Zeit hindurch angestellt sind, wie in Stockholm, Königs
berg, Frankfurt und Carlsruhe, da wird die Curve regelmäßiger

5) Brandes S. 17.
6) Bd. I. S. 126.

e beiden Maxima verschwinden und der heißeste Tag fällt zwischen den 25sten Julius und 3ten August, so wie er früher angegeben wurde.

Wenn sich im September die Declination der Sonne schnell ändert, so wird auch die Temperatur regelmäßiger im Abnehmen, zeigen sich jedoch einige Sprünge, indem die Wärme in dem genannten Nachsommer an einzelnen Tagen bedeutender wird, daß die mittlere Wärme längere Zeit hindurch fast constant ist. Die Südwinde, welche um diese Zeit vorherrschender werden [7], scheinen auch hier die Ursache der Verzögerung in der Temperaturdepression zu seyn.

Es scheint mir nach dem Gesagten wenig wahrscheinlich, daß eine nach vieljährigen Beobachtungen construirte Curve große Unregelmäßigkeiten zeigen würde; nichts desto weniger aber sind diese Anomalieen, welche Brandes nachgewiesen hat, im hohen Grade lehrreich, indem sie uns diejenigen Zeiten des Jahres zeigen, wo die Wärme sich am unregelmäßigsten ändert; schwerlich aber dürfen wir annehmen, daß diese Temperaturdepressionen im Durchschnitte vieler Jahre genau an denselben Tagen erfolgen.

Durch die Einwirkung des Meeres wird die starke Depression der Temperatur im Winter, ihre große Zunahme im Sommer verhindert [8], und daher ist der Unterschied zwischen den mittleren Wärmegraden dieser beiden Jahreszeiten auf Inseln klein; eben dieses ist der Fall an den Küsten der Continente, je weiter wir aber ins Innere des Landes gehen, desto bedeutender wird diese Differenz. Messungen an verschiedenen Punkten von Europa bestätigen dieses vollkommen, wie folgende Tafeln zeigen.

---

7) Bd. I. S. 249.

8) Bd. I. S. 34. Humboldt in Mémoires d'Arcueil III, 521. Buffon und Robison bei Robertson history of America p. 540. (Frankfurt 1830).

England.

	Winter	Sommer	Unterschied
Insel Unst	4°,05	11°,92	7°,87
Insel Man	5,59	15,08	9,49
Edinburg	3,40	15,10	11,70
Kinfauns Castle	2,59	13,83	11,24
Oxford	3,55	15,56	12,01
London	3,22	16,75	13,53
Lancaster	3,58	15,32	11,74
Kendal	2,03	14,32	12,29
Manchester	2,81	14,81	12,00
Derby	2,00	12,51	10,51
Gosport	4,84	17,48	12,64
Penzance	7,04	15,83	8,79
Helston	6,19	16,00	8,81

Nirgends in England sinkt die mittlere Temperatur des Winters bis unter den Gefrierpunkt herab, und selbst auf der schottländischen Insel Unst in 60° 42′ N beträgt dieselbe noch etwa 4°. Aber dann sind diese Inseln fast mit ewigem Nebel bedeckt, Stürme aus SW condensiren das Wasser, es regnet häufig und die Strahlung wird daher verhindert, während das wärmere Meer der Luft beständig eine Menge seiner Wärme abgiebt. Dafür aber ist die Wärme des Sommers unbedeutend und Bäume gedeihen nicht mehr [9]). Gehen wir weiter nach Süden, so werden die Winter in England wieder kälter, dafür aber die Sommer wärmer, so daß der Unterschied zwischen beiden Jahreszeiten, welcher auf der shettländischen Insel Unst nur die Größe von 8° hatte, hier bis zu 12° steigt. So wie wir uns jedoch den südlichen und südwestlichen Küsten von England nähern, so wird dieser Unterschied wieder geringer, die Temperatur des Winters nimmt sehr schnell zu, wie uns dieses Gosport und noch mehr die beiden in Cornwallis liegenden Orte Penzance und Helston beweisen, welche letztere eine Wintertemperatur von mehr als 6° haben. Aber

9) Scott im Edinb. New. Phil. Journ. April 1827. p. 118. Biot recueil d'observ. astron. 4. Paris 1821. p. 580.

sind auch die Winterregen stark, die Luftmassen niederer Brei- erwärmen die Atmosphäre sehr bedeutend. Schon längst ist das merkwürdige Klima von Penzance und Devonshire aufmerk- gemacht worden. Pflanzen, welche keiner großen Kälte wider- en können, wie Myrthen, Camellia japonica, Fuchsia coc- :a und Buddleja globosa gedeihen an der Meeresküste ohne ıutz und der Hafen von Salcolm ist daher häufig das Montpel- des Nordens genannt worden [10]).

In Frankreich, Holland und den Niederlanden wird dieser erschied bedeutender, und ungeachtet der geringeren Breite sind Winter kälter, als in England.

	Winter	Sommer	Unterschied
Amsterdam	2°,67	18°,79	16°,12
Middelburg	1,92	16,92	15,00
Brüssel	2,56	19,01	16,45
Franecker	2,56	19,57	17,01
Haag	3,46	18,63	15,17
Zwanenburg	2,46	17,90	15,44
St. Malo	5,67	18,90	13,23
Dünkirchen	3,56	17,68	14,12
la Rochelle	4,78	19,22	14,44
Paris	3,59	18,01	14,42
Montmorenci	3,21	18,96	15,75
Denainvilliers	2,85	19,32	16,47
Clermont	1,50	18,01	16,51
Marseille	7,35	22,74	15,39

Orte in Holland, welche zum Theil durch England vor den ewinden geschützt sind, haben Winter, deren Wärme etwas inger ist, als die von England, aber dafür werden ihre Som- wärmer, und der Unterschied zwischen den Temperaturen beider)reszeiten steigt hier bis etwa 15°. St. Malo aber zeigt plötz- eine bedeutende Zunahme der Wintertemperatur, und hier

0) Knight in den Trans. of the Hortic. Soc. I, 32. bei Humboldt in den Mém. d'Arc. III, 537. Eben dieses ist in Irland auf der Küste von Glenarm in 54° 56′ N der Fall. Irish Trans. VIII, 116. 208. 269 bei Humboldt l. l. p. 582.

England.

	Winter	Sommer	Unterschied
Insel Unst	4°,05	11°,92	7°,87
Insel Man	5,59	15,08	9,49
Edinburg	3,40	15,10	11,70
Kinfauns Castle	2,59	13,83	11,24
Oxford	3,55	15,56	12,01
London	3,22	16,75	13,53
Lancaster	3,58	15,32	11,74
Kendal	2,03	14,32	12,29
Manchester	2,81	14,81	12,00
Derby	2,00	12,51	10,51
Gosport	4,84	17,48	12,64
Penzance	7,04	15,83	8,79
Helston	6,19	16,00	8,81

Nirgends in England sinkt die mittlere Temperatur des Winters bis unter den Gefrierpunkt herab, und selbst auf der schottländischen Insel Unst in 60° 42′ N beträgt dieselbe noch etwa 4°. Aber dann sind diese Inseln fast mit ewigem Nebel bedeckt, Stürme aus SW condensiren das Wasser, es regnet häufig und die Strahlung wird daher verhindert, während das wärmere Meer der Luft beständig eine Menge seiner Wärme abgiebt. Dafür aber ist die Wärme des Sommers unbedeutend und Bäume gedeihen nicht mehr [9]). Gehen wir weiter nach Süden, so werden die Winter in England wieder kälter, dafür aber die Sommer wärmer, so daß der Unterschied zwischen beiden Jahreszeiten, welcher auf der shettländischen Insel Unst nur die Größe von 8° hatte, hier bis zu 12° steigt. So wie wir uns jedoch den südlichen und südwestlichen Küsten von England nähern, so wird dieser Unterschied wieder geringer, die Temperatur des Winters nimmt sehr schnell zu, wie uns dieses Gosport und noch mehr die beiden in Cornwallis liegenden Orte Penzance und Helston beweisen, welche letztere eine Wintertemperatur von mehr als 6° haben. Aber

9) Scott im Edinb. New. Phil. Journ. April 1827. p. 118. Biot recueil d'observ. astron. 4. Paris 1821. p. 580.

sind auch die Winterregen stark, die Luftmassen niederer Brei- erwärmen die Atmosphäre sehr bedeutend. Schon längst ist das merkwürdige Klima von Penzance und Devonshire aufmerk- gemacht worden. Pflanzen, welche keiner großen Kälte wider- :n können, wie Myrthen, Camellia japonica, Fuchsia coc- a und Buddleja globosa gedeihen an der Meeresküste ohne ·utz und der Hafen von Salcolm ist daher häufig das Montpel- des Nordens genannt worden [10]).

In Frankreich, Holland und den Niederlanden wird dieser erschied bedeutender, und ungeachtet der geringeren Breite sind Winter kälter, als in England.

	Winter	Sommer	Unterschied
Amsterdam	2°,67	18°,79	16°,12
Middelburg	1,92	16,92	15,00
Brüssel	2,56	19,01	16,45
Franecker	2,56	19,57	17,01
Haag	3,46	18,63	15,17
Zwanenburg	2,46	17,90	15,44
St. Malo	5,67	18,90	13,23
Dünkirchen	3,56	17,68	14,12
la Rochelle	4,78	19,22	14,44
Paris	3,59	18,01	14,42
Montmorenci	3,21	18,96	15,75
Denainvilliers	2,85	19,32	16,47
Clermont	1,50	18,01	16,51
Marseille	7,35	22,74	15,39

e Orte in Holland, welche zum Theil durch England vor den :twinden geschützt sind, haben Winter, deren Wärme etwas :inger ist, als die von England, aber dafür werden ihre Som- r wärmer, und der Unterschied zwischen den Temperaturen beider hreszeiten steigt hier bis etwa 15°. St. Malo aber zeigt plötz-) eine bedeutende Zunahme der Wintertemperatur, und hier

.0) Knight in den Trans. of the Hortic. Soc. I, 32. bei Humboldt in den Mém. d'Arc. III, 537. Eben dieses ist in Irland auf der Küste von Glenarm in 54° 56′ N der Fall. Irish Trans. VIII, 116. 203. 269 bei Humboldt l. l. p. 582.

finden wir denselben Einfluß auf die Pflanzen, als in England. Departement von Finisterre widerstehen Apricosen, Granaten, Jucca gloriosa und aloïfolia, die Erica mediterranea, Hort Fuchsia und Dahlia in offener Erde einer Kälte, welche kaum bis 20 Tage dauert [11]).

Deutschland und Schweiz.

	Winter	Sommer	Unterschied
Curhaven	0°,51	16°,76	16°,25
Hamburg	0,40	18,96	18,56
Lüneburg	0,95	17,25	16,30
Berlin	— 1,19	17,43	18,62
Frankfurt am Mayn	1,42	18,27	16,85
Mannheim	1,50	19,55	18,05
Carlsruhe	1,97	18,74	16,77
Stuttgart	1,19	18,73	17,54
Tübingen	— 0,02	17,01	17,03
Tegernsee	— 1,24	16,15	17,39
Andex	— 1,03	19,04	20,07
Regensburg	— 0,75	20,50	21,25
Würzburg	0,71	20,04	19,33
Zürich	— 0,92	17,86	18,78
Bern	— 1,46	14,88	16,34
Chur	0,10	17,45	17,35
Genf	0,75	18,94	18,19
Sagan	— 2,68	18,20	21,48
Prag	— 0,44	19,93	20,37
Wien	0,18	20,36	20,18

Die Differenz zwischen Sommer und Winter hat im Allgemei nen zugenommen, indem wir dieselbe im Durchschnitte zu e 18 bis 19° annehmen können. Diese Differenz, welche in d Nähe des Meeres kleiner ist, nimmt zu, wenn wir nach dem In nern des Landes gehen, wie die Messungen zu Hamburg, Lün

11) Bonnemaison im Journal de Botan. III, 118 bei Hum boldt Mém. d'Arc. III, 538.

Ro= elle	Paris	Frankfurt	Mann= heim	Carlsruhe	Wien	Gotthard	Rom
,09	17,88	17,44	20,29	18,53	17,62	7,40	23,94
,04	17,91	18,25	19,82	18,68	17,50	7,21	23,86
,86	19,10	18,94	20,00	19,27	18,15	7,80	24,25
,50	19,04	19,25	20,44	19,45	18,55	8,28	24,62
,80	18,58	19,38	19,82	19,73	18,07	8,27	25,24
,14	18,76	19,31	20,90	19,76	18,97	8,66	24,99
,99	19,33	19,25	20,75	20,54	18,50	7,70	25,22
,37	18,51	19,12	20,25	19,56	18,80	9,21	[illegible]
,09	18,11	19,00	20,16	19,82	19,13	7,75	25,10
,45	18,32	18,44	19,82	18,81	19,25	7,46	24,05
,89	18,49	18,31	18,95	18,70	17,23	7,05	23,76
,06	18,52	17,88	18,39	18,73	16,97	5,10	24,04
,82	17,90	17,75	17,97	18,52	16,48	6,97	23,24
,08	16,94	17,69	17,89	17,45	15,35	6,54	23,20
,72	16,01	16,19	17,70	16,36	14,20	6,77	22,11
,65	16,10	15,06	16,66	15,85	13,22	6,19	21,73
,92	15,23	14,62	15,11	15,37	12,38	4,05	21,24
,87	14,87	13,94	13,91	13,96	12,05	2,81	19,96
,10	13,81	12,69	12,34	13,31	10,88	1,90	19,52
,24	13,57	11,44	12,40	12,66	9,67	1,94	18,55
2,29	12,64	11,12	11,33	11,41	9,28	0,83	18,20
2,00	11,27	9,81	10,62	10,31	6,72	1,30	17,34
1,17	10,61	9,06	9,14	9,73	6,35	0,21	16,17
0,70	9,65	8,50	8,49	8,63	5,13	— 0,34	15,17
9,27	8,95	8,25	6,71	7,77	5,98	— 2,86	14,34
0,10	8,03	7,25	6,21	6,83	5,48	— 1,79	14,64
7,01	7,62	7,44	3,20	6,28	4,80	— 4,45	13,30
7,80	6,92	5,81	5,32	5,77	3,62	— 3,05	13,23
7,31	6,63	3,94	4,59	5,19	2,25	— 5,07	12,57
4,96	5,44	2,56	2,86	4,49	1,10	— 6,98	10,17
4,20	5,55	3,06	1,04	4,55	2,15	— 6,09	8,78
5,19	5,55	2,50	2,54	4,00	0,08	— 5,62	10,35
4,41	4,16	1,56	1,38	2,83	— 0,25	— 5,55	10,10
4,47	4,15	1,88	1,25	2,64	— 0,03	— 7,14	9,34
3,27	4,57	2,00	1,02	1,74	— 0,80	— 7,35	9,45
2,76	2,93	1,75	0,45	1,65	— 1,52	— 10,90	8,42
2,92	2,16	1,63	— 0,37	1,31	— 1,75	— 9,16	8,45

		Petersburg	Stockholm	Königsberg	Curhaven	Zwanenburg	Lo…
jan.	1 — 5	— 11,08	— 5,60	— 5,05	— 0,45	0,88	2…
	6 — 10	— 12,29	— 5,10	— 5,15	— 0,61	0,38	2…
	11 — 15	— 11,31	— 4,79	— 4,65	— 0,24	0,94	2…
	16 — 20	— 9,65	— 4,21	— 3,06	1,42	0,62	2…
	21 — 25	— 9,65	— 4,19	— 4,20	1,69	1,58	1…
	26 — 30	— 8,91	— 3,40	— 3,26	2,56	1,65	2…
	31 — Febr. 4	— 8,88	— 3,94	— 2,71	2,89	2,19	4…
ebr.	5 — 9	— 8,38	— 4,73	— 3,86	2,22	2,17	4…
	10 — 14	— 8,79	— 4,69	— 4,01	3,05	2,46	4…
	15 — 19	— 9,63	— 3,69	— 2,76	1,79	2,71	3…
	20 — 24	— 9,40	— 3,00	— 2,17	2,47	3,97	5…
	25 — Mz 1	— 10,54	— 2,69	— 1,57	2,02	5,00	5…
ärz	2 — 6	— 12,16	— 3,23	— 0,90	1,98	5,14	5…
	7 — 11	— 8,63	— 3,66	— 1,40	1,05	5,18	4…
	12 — 16	— 7,01	— 2,28	— 0,16	2,90	5,17	4…
	17 — 21	— 5,85	— 2,19	0,06	4,21	6,34	5…
	22 — 26	— 4,96	— 1,16	— 0,31	4,88	6,54	6…
	27 — 31	— 2,83	— 0,28	1,00	5,61	6,37	7…
pril	1 — 5	— 0,48	1,28	2,19	6,39	7,45	7…
	6 — 10	— 0,67	2,48	3,78	6,77	7,99	8…
	11 — 15	0,90	3,01	4,94	7,66	9,04	8…
	16 — 20	1,13	3,78	6,20	8,36	9,20	8…
	21 — 25	3,81	4,92	6,71	9,84	10,29	8…
	26 — 30	4,36	5,77	7,65	10,91	10,94	9…
ai	1 — 5	4,26	6,58	9,25	10,55	11,16	11…
	6 — 10	5,28	7,50	9,91	11,10	12,08	12…
	11 — 15	5,91	8,28	10,67	11,56	13,55	12…
	16 — 20	8,20	10,16	11,97	12,90	13,61	12…
	21 — 25	9,39	10,89	12,19	13,46	14,04	13…
	26 — 30	9,81	11,45	12,59	14,64	14,74	14…
	31 — J. 4	11,59	13,03	12,91	14,74	15,84	14…
uni	5 — 9	13,34	13,98	14,38	15,25	16,11	14…
	10 — 14	13,84	14,44	14,26	15,57	16,71	15…
	15 — 19	15,18	15,24	13,77	16,34	16,99	15…
	20 — 24	16,38	15,43	14,31	15,85	16,78	15…
	25 — 29	16,26	16,09	15,06	16,52	17,41	15…

und Cuxhaven in Vergleich mit denen zu Sagan, Prag und
n zeigen.

Noch weit bedeutender wird diese Differenz im Innern von
arn und Rußland, wie folgende Tafel zeigt.

	Winter	Sommer	Unterschied
Ofen	— 0°,41	21°,17	21°,58
Petersburg	— 9,03	16,02	25,05
Kasan	— 12,29	18,32	30,61
Slatoust	— 16,49	16,08	32,57
Barnaul [12])	— 14,11	16,57	30,68

Scandinavien, wo die Regenverhältnisse sich so schnell än-
en, wenn wir von der Meeresküste ins Innere des Landes
en, treffen wir auf denselben Gegensatz bei Vergleichung der
peraturen.

	Winter	Sommer	Unterschied
ergen	2°,20	14°,76	12°,56
ord-Cap (Mageröe)	— 4,63	6,38	11,01
llensvang	— 0,07	15,61	15,68
öndmör	— 2,72	13,35	16,09
rontheim	— 4,78	16,33	21,11
pydberg	— 10,46	17,16	27,62
hristiania	— 3,66	15,78	19,44
tockholm	— 3,67	16,30	19,97
psala	— 4,14	15,79	19,93
lea	— 11,15	14,34	25,49
mea	— 10,46	14,19	24,65
nontekis	— 17,59	12,80	30,39

An der Küste wo die Niederschläge, namentlich im Winter,
reichlich sind, hat die kalte Jahreszeit eine hohe Temperatur,
gen ist aber auch der Sommer weniger warm und die Diffe-
klein, wie Bergen und das Nord-Cap dieses zeigen. Aber
im Innern der Fiorde, wohin die Regen weniger dringen,

) Das Jahr, in welchem diese Beobachtungen gemacht wurden, zeich-
nete sich durch einen gelinden Winter und kalten Sommer aus.

zeigen Ullensvang, Drontheim und Christiania ähnliche Verhältnisse, als wir in Deutschland treffen, während wir in Enontekis in Lappland bereits Verhältnisse treffen, die denen im Innern von Rußland ähnlich sind [13]).

Die bisherigen Tafeln haben uns einen sehr wesentlichen Unterschied zwischen dem See- und Kontinental-Klima gelehrt, jenes zeigt eine geringe Biegung der Curve der jährlichen Wärme, während letzteres durch kalte Winter und heiße Sommer charakterisirt wird [14]); zugleich aber haben wir aus den mitgetheilten Tafeln gesehen, daß von dem einen zu dem andern ein allmähliger Uebergang Statt findet, ohne daß wir im Stande sind die Gränze beider genau zu fixiren.

Ein völlig ähnliches Verhalten zeigt sich auch in Nordamerica. An der Westküste erhöhen die feuchten Westwinde die Temperatur im Winter und deprimiren dieselbe im Sommer; tiefer landeinwärts wird dieser Unterschied größer, nimmt aber an der Ostküste wieder ab. Die Orte östlich von den Alleghanys, welche in geringem Abstande vom atlantischen Meere liegen, zeigen uns indessen eine größere Differenz zwischen der Temperatur des Winters und Sommers, als Orte in Europa, welche denselben Abstand vom Meere haben. Der Grund scheint darin zu liegen, daß in America die Westwinde eben so die vorherrschenden sind, als in Europa, und daß sie im Winter größere Kälte, im Sommer größere Hitze mit sich bringen. In den vereinigten Staaten ist man der Meinung, daß das Klima westlich und östlich von den Alleghanys sehr verschieden sey; Humboldt, welcher die Temperaturen zu Cincinnati im Staate Ohio und Philadelphia mit einander verglicht, glaubt, westlich von der Bergkette seyen die Winter weniger kalt, die Sommer weniger warm, als in dem östlichen Theile [15]). Die neueren von den Militärärzten angestellten Messungen zeigen jedoch, daß diese Behauptung nicht ganz richtig sey, wie die folgende Tafel zeigt.

13) Vgl. Buch in Gilbert's Ann. XLI, 32.

14) Humboldt Voy. II, 70.

15) Mém. d'Arcueil III, 506.

	Breite	Winter	Sommer	Unterschied
An der Westküste				
ort George	46°,18	3°,75	15°,47	11°,72
Westlich von den Alleghanys				
ort Howard [16])	44. 40	—7,23	20,62	27,85
ort Crawford	43. 3	—7,34	21,21	28,55
ort Snelling	44. 53	—8,99	21,81	30,80
ouncil Bluffs	41. 25	—4,61	23,84	28,45
ort Brady [17])	46. 39	—6,98	17,49	24,47
Oestlich von den Alleghanys				
ort Columbus	40. 42	—0,13	21,93	22,06
ort Sullivan	44. 44	—5,17	15,51	20,68
ort Wollcott	41. 30	0,14	20,62	20,48
Bashington	38. 53	2 96	24,62	21,66

der Westküste ist die Differenz zwischen Sommer und Win- eben so klein als in England, im Innern des Landes be- gt dieselbe gegen 30°; wo aber bedeutende Wasseransammlun- i in der Nähe sind, scheint dieser Unterschied etwas kleiner zu rden, wie dieses aus den Messungen im Fort Howard und Brady vorgeht. An der Ostküste America's nimmt diese Differenz der bis zu 21° ab.

Es folgt aus dem bisher Gesagten mit großer Bestimmt- t, daß die Temperaturen des Winters in der Nähe des Meeres einerlei Breite größer sind, als im Innern des Landes, wäh- d von der Sommerwärme das Gegentheil gilt. Wenn man her auf einer Charte die Punkte, welche dieselbe Winterwärme en, durch Linien verbindet, so laufen diese nicht mit den Brei- kreisen parallel. Humboldt, welcher diese Linien gleicher ntertemperatur mit dem Namen Isochimenen [18]) bezeichnet, ot ihre Lage für Europa dergestalt an, daß sie sich im Innern Landes bedeutend nach Süden biegen [19]). Diese Krümmung och zeigt sich vorzüglich in der Nähe des atlantischen Meeres, Isochimenen nehmen hier eine starke Biegung nach Süden und nähern sich dann den Parallelkreisen immer mehr. Es

6) Michigan-See in der Nähe.

7) Oberer See in der Nähe.

18) χειμος, Winter.

19) Mém. d'Arcueil III, 529.

fehlt bisher noch zu sehr an Thatsachen, um diese Linien mit h
reichender Genauigkeit zu zeichnen; jedoch zeigen die wenigen vo
handenen Messungen die Richtigkeit dieser Behauptung u
namentlich die schnelle Biegung in England und Norwegen. E
geht die Linie von — 5° nördlich vom Nord-Cap in Norweg
fort, läuft dann ziemlich parallel mit der Kette der scandinavisch
Gebirge nach Süden (Nord-Cap in 71° 10′ Wintertemperat
— 4°,63, Drontheim in 63° 26′ — 4°,78), geht hierauf nör
lich von Upsala (— 4°,02 in 59° 52′), südlich von Abo (— 5°,
in 60° 27′) in das Innere von Rußland hinein; hier scheint s
sich ebenfalls schnell nach Süden zu biegen, da wir in Petersb
(59° 56′ N) eine Wintertemperatur von — 9°,03 finden. E
zeigt uns demnach diese Linie vom Nord-Cap bis Abo eine Se
kung von wenigstens 11 Graden in der Breite. Eben diese Li
zeigt auf der andern Seite eine eben solche Senkung nach Süd
indem sie etwas nördlich von Cambridge in Nord-Ameri
(— 4°,45 in 42° 25′ N) fortläuft.

Eine ähnliche Biegung zeigt die Isochimene von 0°; sie
reicht das atlantische Meer bedeutend nördlich von Bergen (2°,
in 60° 24′ N), geht mit der Küste parallel laufend durch Ulle
vang (— 0°,07 in 60° 20′), zwischen Copenhagen (— 0°,
in 55° 41′) und Lüneburg (0°,40 in 53° 12′) nach Pr
(— 0°,44 in 50° 6′) und Ofen (— 0°,41 in 47° 30′); w
finden also hier ebenfalls einen Breitenunterschied von wenigst
13°, ohne daß die Längendifferenz sehr bedeutend ist. Auch di
Linie senkt sich gegen Westen sehr bedeutend nach Süden, ind
sie etwas nördlich vom Fort Mifflin in Nordamerica (0°,33 in 3
51′ N und 75° 12′ W) fortläuft. Im Innern von No
America scheinen sich die Isochimenen noch weiter nach Süden
senken, wie dieses folgende Thatsachen zu beweisen scheinen.

Fort Sullivan	in 44° 44′ N.	u. 67° 4′ W,	Wintertemperatur — 5
Fort Howard	44. 40	87. 0	— 7,
Fort Snelling	44. 53	93. 8	— 8,

Obgleich alle drei Orte nahe einerlei Breite haben, so wird
Temperatur desto geringer, je weiter wir ins Innere des La
nach Westen gehen. Aber auch hier bewegen sich die Iso
menen schnell nach Norden, wenn wir uns der Westküste
Continentes nähern. So beträgt die Wintertemperatur an

ündung des Columbienflusses im Fort George in 46° 18′ N
°,75, während wir an der Ostküste in Washington in 38° 53′ N
ſt die Größe von 2°,96 finden. Es scheint hiernach also der Un-
terschied der Wintertemperatur zwischen beiden Küsten wenigstens
0 Breitengrade zu betragen.

Es ist schon von mehreren Reisenden bemerkt worden, daß
le Westküste Amerika's sich vor der Ostküste durch milde Winter
uszeichne. Schon Mackenzie, welcher auf diese Differenz auf-
ierksam machte, leitet sie mit Recht aus den Seewinden her.
Während die Bewohner von Quebek im Winter über schneidende
Kälte klagen, ist den Bewohnern der Westküste bei einerlei Breite
Frost und Schnee fast unbekannt; die Indianer gehen den ganzen
Winter nakt herum, aber vom November bis März sind die Nie-
derschläge so häufig, daß sie keine Reisen machen [20]). An der
Mündung des Columbiaflusses sah Capitän Lewis den ersten
Frost erst am 7ten Januar, und den übrigen Theil des Winters
gnete es [21]). Auch noch weiter nördlich ist im Nutka-Sunde
uf der Insel Quadra der Winter so mild, daß die kleinsten Flüsse
st im Januar zufrieren [22]). In Neu-Archangel in 57° N ist
r Winter eben so mild, die Schifffahrt den ganzen Winter mög-
h, und nur eingeschlossene Buchten frieren zuweilen ein wenig zu;
für aber sind Regengüsse das ganze Jahr hindurch häufig,
chnee ist selten [23]). Auch die aleutischen Inseln zeichnen sich
niger durch strenge Kälte als durch Feuchtigkeit aus [24]). Weiter
rdlich, wo beide Continente näher an einander kommen und
s Meer schmäler wird, scheint die Temperatur schnell abzuneh-
n. Die Schaluppen von Malaspina's Expedition, welche
das Innere der Bai Sackatul bis zum Hafen Dessengaño vor-
ingen, fanden im Junius unter 60° N das nördliche Ende des

———

20) Scouler im Edinb. Journ. of Sc. VI, 251. Kotzebue Neue Reise II, 23.

21) Humboldt in Mém. d'Arc. III, 507.

22) Humboldt Neu-Spanien II, 258. Malte-Brun Gemälde von America S. 78.

23) Langsdorff Reise II, 88. Kotzebue Neue Reise II, 17.

24) Malte-Brun Gemälde von America S. 67. Langsdorff Reise II, 55.

Hafens noch mit einer festen Eismasse bedeckt [25]); in der Eschholz-Bai in 66° N fand Kotzebue im August noch ungeheure Massen von Eis [26]).

Wie die Isochimenen im Innern von Asien sich bewegen, ist noch weniger bekannt, es scheint aber, als ob sie sich bei Annäherung an die Küste des großen Oceans wieder nach Norden biegen. In Kamtschatka wenigstens ist der Winter weit gelinder als in Sibirien. Schon Steller machte auf diesen Umstand aufmerksam [27]), und in der Folge ist er von Langsdorff, Kotzebue und anderen Reisenden bestätigt worden [28]).

Es ist bei dem jetzigen Mangel an Beobachtungen noch nicht möglich, die Isochimenen mit hinreichender Genauigkeit zu zeichnen, da zur Bestimmung der mittleren Wärme irgend einer Jahreszeit eine längere Reihe von Messungen erforderlich ist, als zur Fixirung der mittleren jährlichen Temperatur. Wenn dies einst möglich ist, so werden wir wahrscheinlich in höheren Breiten im Innern des Landes Isochimenen erhalten, welche vielleicht nicht einmal die Küste des Meeres erreichen, gewiß aber nicht in dieses hineingehen. So beträgt die Wintertemperatur in Enontekis in Lappland in 68° 30′ N — 17°,6, während sie auf dem mehrere Grade nördlicher liegenden Nord-Cap (71° 10′ N) nur — 4°,6 ist. Erreichte die Isochimene von — 18° von Enontekis aus das Meer, so müßte sie sich parallel der Küste Norwegens nach Nord-Osten biegen. Aber es ist die Frage, ob wir hier eine so geringe Temperatur des Winters an der ganzen nördlichen Küste treffen; es scheint vielmehr wahrscheinlich, daß die Wintertemperatur bei Annäherung an die Küste des Eismeeres wieder größer werde. Wenigstens haben die Jäger, welche den Sommer auf Kotelnoy in Neu-Sibirien (in 75° N dem Vorgebirge zwischen den Mündungen der Lena und Kolima gegenüber) zubringen, die Bemerkung gemacht, daß das Meer in der Nähe dieser Inselgruppe weit später als an der Küste des südlicher liegenden Festlandes zufriert, und daß der Winter im Süden länger dauere, als auf den Inseln

25) Humboldt New-Spanien II, 277.

26) Kotzebue Reise II, 143.

27) Steller Beschr. von Kamtschatka S. 65.

28) Langsdorff Reise II, 217. Kotzebue Neue Reise II, 3.

Parrot, welcher diese Thatsache mittheilt, wirft dabei die Frage auf: „Ist dieses Phänomen allen Inseln des Eismeeres gemein, und läßt es sich aus der Natur einer Inselgruppe erklären? Oder ist es diesen Inseln eigenthümlich und vielleicht von einer besondern Gestalt und Tiefe des umliegenden Meergrundes und von den im Wechsel der Jahreszeiten herrschenden Winden und Strömungen abhängig?“ [29]). Die Thatsache, daß die Winter auf dem Meere ungeachtet der höheren Breite gelinder sind, folgt meiner Meinung nach einfach aus dem bisher betrachteten Einflusse der latenten Wärme des Wasserdampfes. Die nach Nordwesten gehende Biegung der Isochimenen bei Enontekis nebst dieser Zunahme der Temperatur im Norden von Sibirien scheinen sogar darauf zu deuten, daß die Isochimenen im nördlichen Theile des alten Continentes in sich selbst zurücklaufende Curven bilden, so daß wir in einerlei Meridian in Sibirien von Süden nach Norden gehend anfänglich Abnahme und späterhin bei Annährung an das Eismeer wieder Zunahme der Wärme finden, worauf zuletzt die Temperatur auf dem Meere im hohen Norden wieder nach den gewöhnlichen Gesetzen abnimmt. Ich kann diese Hypothese nicht strenger erweisen, es fehlt aber auch an Thatsachen, um ihre Unrichtigkeit zu zeigen.

Ganz auf dieselbe Art als hier die Punkte mit einander verbunden wurden, welche eine gleiche Wintertemperatur hatten, können wir auch diejenigen Orte verbinden, deren Sommertemperatur gleich ist. Humboldt nennt die auf diese Art gezogenen Linien Isotheren [30]) und giebt ihre Lage folgendermaßen an: die Isotheren haben eine Richtung, welche der der Isochimenen völlig entgegengesetzt ist, indem sie sich sehr bedeutend nach Norden biegen. Ungeachtet einer Breitendifferenz von 11° finden wir dieselbe Sommerwärme an den Mündungen der Loire und in Moscau [31]). Wenn auch die angegebene Biegung nicht zu verkennen ist, so bezweifle ich, daß sie eine so bedeutende Größe erreiche. Humboldt giebt die Temperatur des Sommers zu Moscau zu 19°,51 [32]), dagegen geben siebenjährige Beobachtun-

29) Wrangel physic. Beobachtungen S. 11.
30) θερος, Hitze.
31) Mém. d'Arc. III, 533.
32) Nach vierjährigen Beobachtungen im Journal de physique XXXIX, 40.

gen von Engel und Stritter nur die Größe von 16°,90. … scheint, als ob sich diese Biegung der Isotheren eben so wie … der Isochimenen vorzüglich nur in der Nähe der Küsten zeige, … daß sie tiefer landeinwärts weniger auffallend hervortrete. So … die Isothere von 15° südlich von Kendal (14°,3 in 54°, 17′ … fort, steigt dann nach Edinburgh (15°,1 in 55° 58′) und … hier nach Bergen (14°,8 in 60° 24′ N), bewegt sich … weniger nach Norden, indem sie den botnischen Meerbusen … in der Mitte zwischen Ulea und Abo in 63° N erreicht (Ulea 14°, … in 65° 0′ N, Abo 15°,7 in 60° 27′ N).

Je weiter wir ins Innere des Landes gehen, desto … nähern sich die Isotheren den Parallelkreisen. Die Isothere … 18° berührt das südliche England kaum, sie geht durch … 50° N [33]), erreicht Holland in etwa 51° N [34]), läuft … südlich von Berlin fort [35]), erreicht dann Moscau [36]) und … sich von hier gerade nach Osten zu bewegen [36a]).

Von der Küste Europa's biegen sich die Isotheren gegen … Ostküste America's nach Süden. So haben Nain und Okak … Labrador in den Breiten von 57° 0′ und 57° 30′ eine Sommer… wärme von 7°,57 und 8°,09, im Mittel also etwa 7°,8; in … auf Island in 66° 30′ finden wir dieselbe Größe, nämlich 7°,70; der Unterschied der Breite beträgt hier also nahe 10°. Auch … weiter südlich finden wir eine ähnliche Differenz. Die Isothere … 15°, welche etwas nördlich von Edinburgh in etwa 56° N … läuft, liegt wenig nördlich vom Fort Sullivan in etwa 45° N [37]). Doch schon einige Grade südlicher wird diese Differenz weniger … deutend, da durch die Breiten von 38° an der Westküste …

---

33) Gosport 17°,48 in 50° 48′ N.

34) Middelburg 16°,92 in 51° 30, Zwanenburg 17°,93 in 52° 25′ N.

35) Berlin 17°,43 in 52° 33′ N.

36) Moscau 16°,90 in 55° 47′, nahe 18° wegen der Höhe von 370 … über dem Meere.

36a) Kasan 18°,32 in 55° 44′, Slatoust 16°,08 in 55°,08′ nahe … wegen der Höhe über dem Meere, Barnaul 16°, 57 in 53° 20′, … Meer reducirt etwa 17° in einem kalten Sommer.

37) Edinburgh 15°,10 in 55° 58′, Fort Sullivan 15°,51 in 44° 44′ … und 67° 4′ W.

s und 42° an der Ostküste America's nahe dieselbe Isothere
t [38]).

Im Innern von Nord-America ist es bei einerlei Breite
mer als an der Ostküste; die Isotheren bewegen sich also gegen
rden, wie die Messungen an folgenden Orten zeigen:

Fort Sullivan in	44° 44′ N und	67° 4′ W	Sommerwärme 15°,51
Fort Howard	44. 40	87. 0	20,62
Fort Snelling	44. 53	93. 8	21,81

eim jetzigen Mangel an Beobachtungen läßt sich die Größe dieser
ewegung noch nicht näher nachweisen. Bei Annäherung an die
estküste senken sich die Isotheren wieder nach Süden, da wir
Fort Georg an der Mündung des Columbiaflusses in 46° 18′ N
eder eine Sommerwärme von 15°,47 finden.

Diese Biegung der Isotheren im Innern des alten Continen-
s hat ihren Grund in der geringern Menge von Dämpfen, der
immel ist nicht so häufig bewölkt, und die Sonne kann daher mit
ößerer Kraft auf den Boden wirken. Es scheint jedoch, als ob
er zu dieser Jahreszeit die Hitze weit schneller mit Entfernung
m Boden abnehme, als in den Schweizer Alpen [39]); die Tempe-
tur in der Region der Wolken ist in Vergleich mit der am Boden
ringer als in der Nähe der Küsten, daher sinkt die Temperatur
it jedem Regen so bedeutend [40]), um so mehr da das Wasser
m Boden in kurzer Zeit verdunstet und durch diesen Prozeß eine
ue Menge von Wärme verloren geht. Da wir nun im Innern
s Landes vorzugsweise Sommerregen haben, so folgt daraus,
ß solche Temperaturdepressionen häufig vorkommen werden,
d hierin scheint der Grund zu liegen, weshalb sich die Isotheren
ht noch stärker nach Norden bewegen.

Aus der Gestalt dieser Linien ergiebt sich auch noch bestimm-
die bereits oben erwähnte Abhängigkeit des heißesten und kälte-
n Windes von den Jahreszeiten. Man sieht daraus, weshalb
: kälteste Wind im Sommer auf der Westseite, im Winter auf
: Ostseite, der wärmste im Winter auf der Westseite, im Som-
r auf der Ostseite des Horizontes liegt; die ungleiche Krüm-

8) Lissabon 21°,65 in 38° 43′ N, Cambridge 21°,31 in 42° 25′.

9) Bd. I. S. 137.

0) Wahlenberg Flora Carp. p. XCIX.

mung dieser Linien giebt einen Grund dafür, daß die kältesten [...] wärmsten Winde nicht diametral entgegenstehen. Würden die th[...]mometrischen Windrosen für viele Punkte der Erde nach vieljä[...]gen Beobachtungen berechnet, so würde man vielleicht dadurch [...] besten in den Stand gesetzt, die Isochimenen und Isotheren [...] ziehen, indem diese nahe mit der Linie zusammenfallen w[...] den, aus denen der Wind beim Eintritte der mittleren Te[...]ratur weht.

Obgleich wir erst in der Folge die geographische Verbreit[...] organischer Geschöpfe betrachten werden, so scheint es doch [...] unzweckmäßig, hier bereits auf den Einfluß aufmerksam [...] machen, welcher die bisher betrachtete Gestalt der Isotheren [...] Isochimenen auf das Gedeihen von Thieren und Pflanzen [...] Viele Thiere, namentlich Vierfüßer, die nicht so bedeutende W[...]derungen machen, als manche Vögel, können weder großer [...] noch bedeutender Kälte widerstehen, namentlich fliehen sie le[...] und der Verbreitungsbezirk, in welchem wir sie antreffen, [...] daher in Europa nahe mit den Isochimenen zusammen. [...] man die von Ritter gezeichnete Charte über die Verbreitung [...] gezähmten und wilden Säugethiere [41]) näher betrachtet, so [...] man von dieser Uebereinstimmung überrascht. Das Elenn[...] gedeiht in Schweden noch in einer Breite von 65°, aber im [...]nern Sibiriens wird es kaum nördlich von 55° N getroffen.

Bei den Pflanzen sind zwei Klassen zu unterscheiden; pere[...]nirende Gewächse und Sommergewächse. Perennirende Ge[...]wächse können der Kälte nur bis zu einem gewissen Grade Wi[...]stand leisten, und sind sie zugleich so beschaffen, daß nur [...] Zeit zur Entwickelung der Blüthe und den Reifen des Saame[...] erforderlich ist, dann treffen wir sie an den Küsten des atlantisch[...] Meeres in bedeutenden Breiten, während sie sich im Innern de[...] Landes immer weiter nach Süden ziehen. Außer den bereits ob[...] (S. 61) erwähnten Fällen, will ich nur noch folgende anführen. Die Buche (Fagus sylvatica) gedeiht in Norwegen noch in der Breite von 59°, ihre Polargränze liegt an der Westgränze Schwe[...]

41) C. Ritter's Sechs Karten von Europa über Producte, phy[...]sicalische Geographie und Bewohner dieses Erdtheils. Schne[...]pfenthal 1820.

ıs in 58°, in Smaland in 57° und an der Ostküste in der
gend von Calmar [42]); in Litthauen findet sie sich in 54° bis
°, in den Carpathen in 48° bis 50°, aber sie fehlt in dem
ızen nördlichen und mittleren Rußland, und zeigt sich erst wie-
: in den Gebirgen der Krimm und auf dem Kaukasus, so daß
r die Gränze kaum nördlicher als 44°—45° angenommen
rden kann [43]). Völlig ähnliche, wenn auch nicht so auffallende
rhältnisse zeigt uns die Gattung Erica [44]), ferner Betula alnus,
pulus nigra, Syringa vulgaris, Hedera helix, Viscum album,
rberis vulgaris, Vaccinium myrtillus u. s. w. [45]).

Etwas anders gestalten sich die Verhältnisse der einjährigen
wächse, und unter diesen verdienen besonders die cultivirten
realien unsere Beachtung. Mögen die Winter strenge oder ge-
de seyn, diese haben wenig Einfluß darauf, wichtiger für sie ist
: Wärme derjenigen Zeit, in welcher die Pflanzen sich ent-
ckeln [46]), und daher laufen die Polargränzen der Getreide-
ten nahe mit den Isotheren parallel. Es kann im Innern
n Norwegen und Lappland in einer Breite von 70° Getreide
baut werden, was an der Meeresküste erst mehrere Grade süd-
ber möglich ist [47]). Aber weiter gen Osten sinkt die Gränze
ch Süden, in Sibirien werden die Cerealien über 60° der
reite nicht mehr gebaut [48]). Eine völlig ähnliche Biegung der
olargränze zeigt uns die Gränze des Mais in Frankreich. An
r Küste des atlantischen Meeres liegt sie südlich von Rochelle in
5° 30′ N, berührt aber den Rhein zwischen Strasburg und
lannheim in etwa 49° nördlicher Breite [49]).

42) Buch Reise II, 330. Ad litus maris paullo supra fretum Calmariense ad Mönsterås. Wahlenberg Flora suecica. p. XXXIII.

43) Schouw Pflanzengeogr. S. 194.

44) Atlas zu Schouw's Pflanzengeographie Taf. IV.

45) Ritter Tafel der wild wachsenden Bäume und Sträuche in Europa, in dem vorher erwähnten Atlas.

46) Humboldt Voyage V, 133.

47) Buch in Gilbert's Annalen XLI, 32. Schouw Atlas Taf. V.

48) Schouw Pflanzengeogr. S. 290.

49) de Candolle Flore française Bd. 2. Charte.

Selbst perennirende Gewächse, welche sich vor der stre
Kälte des Winters schützen lassen, aber zu ihrem Gedeihen w
Sommer verlangen, zeigen an der Westküste Europa's eine
liche Biegung ihres Verbreitungsbezirkes nach Norden. S
Arthur Young [50]) machte auf die Polargränze des Weinst
in Frankreich aufmerksam, und de Candolle hat diese G
auf seiner pflanzengeographischen Charte von Frankreich ver
net. Darnach kann an der Meeresküste nördlich von 47°
der Wein nicht mehr mit Vortheil gebaut werden, aber scho
Innern des Landes geht die Gränze bis 49° und erreicht
Rhein nördlich von Coblenz in 50° 20′. Dann aber bleib
Gränze in Deutschland sehr nahe in 51° und scheint nun s
dieser Breite zu erhalten, oder sich doch nur wenig nach Süd
senken [51]).

Völlig ähnliche Verhältnisse scheinen in America angetr
zu werden. Eben so wenig als an der norwegischen Küst
Bau des Getreides möglich ist, kann dieses auch an der z
senen Westküste gedeihen, aber etwas tiefer landeinwärts
men die meisten südlichen Pflanzen fort [52]). Und eben so g
hen mehrere Pflanzen, wie Gleditsia monosperma, Aristol
Sipho, westlich von den Alleghanys mehrere Grade nördlicher
an der Küste des atlantischen Meeres [53]).

Dem Bisherigen zufolge senken sich die Isochimenen
Europa's Westküste tief in das Innere des Continentes, wäh
sich die Isotheren zwar an der Küste schnell nach Norden h
tiefer landeinwärts aber einen geringeren Winkel mit den Par
kreisen bilden. Es wird daher wenig wahrscheinlich, da
mittlere Temperatur derselben Breite in ganz Europa ungleic
Die Westwinde und Südwestwinde, welche in Europa die vor
schenden sind, bringen als aus südlicheren Gegenden kom
eine höhere Temperatur mit und erhöhen dadurch die Wärme

---

50) Travels in France p. 19.

51) Schouw Pflanzengeographie S. 206 und Atlas Taf. II.

52) Kotzebue Neue Reise II, 68.

53) Humboldt in Mém. d'Arcueil III, 505.

Gegenden [54]). Da die in den oberen Schichten erkalteten
Lufttheilchen wegen vermehrter Dichtigkeit in die Tiefe sinken,
wird die Oberfläche des westlich liegenden Meeres weit wärmer
, als die des stark strahlenden Festlandes im Osten. Wenn
diese Winde die Küsten erreichen, so erhöhen sie die Tempe-
ratur dieser; so wie sie jedoch tiefer landeinwärts dringen, so er-
kalten sie bei jedem Schritte, sie tragen zwar noch zur Erwär-
mung der östlicher liegenden Gegenden bei, kommen aber hier mit
erniedrigter Temperatur an. Selbst auf die kalten Nordostwinde
: die Nähe der Küste einen großen Einfluß. Wenn sie nach
gland und Frankreich gelangen, so sind sie bereits über eine
ße Landstrecke gegangen, die durch die vorhergehenden West-
winde erwärmt worden war, sie erhalten dadurch eine erhöhte
Temperatur und deprimiren das Thermometer nicht so bedeutend,
sie es bei einerlei Breite im Innern des Continentes gethan
en würden.

Zu dieser Erhöhung der Temperatur durch diese Winde
trägt noch der Wasserdampf sehr vieles bei, wie dieses Dal-
, Daniell und Dove mit Bestimmtheit nachgewiesen
en [55]). Die Luft über dem Meere ist nahe mit Dämpfen ge-
igt; es müssen sich daher die vom Meere kommenden Winde
h großen Dampfgehalt auszeichnen. Wir haben früher ge-
n, wie der absolute Feuchtigkeitszustand sowohl als der rela-
bei westlichen Winden größer waren, als bei östlichen [56]);
men daher diese westlichen Winde nach Europa, so wird ein
zer Theil des Dampfes niedergeschlagen, ihre latente Wärme
) frei, die Strahlung vermöge der Wolken und Nebel gehemmt,
die Erkaltung durch verminderte Verdunstung des Wassers an
Erdoberfläche gehindert. Aus demselben Grunde erhöhen
: Winde auch die Temperatur der östlicher gelegenen Gegen-
, sie verlieren jedoch auf dem Wege einen Theil ihres Dampfes,

---

[54]) Buch und Dove in Poggendorff's Annalen XI, 579. Humboldt über die Hauptursachen d. Naturverschiedenheit. S. 18.

[55]) Daniell Meteor. Ess. p. 104, und Dalton bei Dove in Poggend. XI, 579.

[56]) Bd. I. S. 339.

und die Temperaturerhöhung ist nicht so bedeutend. Selbst trockene Nordostwind erlangt in der Nähe der Küsten einen T der Eigenschaften, welche der Südwestwind besitzt, da er di Gegenden geht, in denen die Atmosphäre feuchter ist, wäh er im Innern des Continentes weniger leicht erwärmt wird.

Dagegen anders wird das Verhalten im Sommer, wo westlichen Winde kälter sind, als die östlichen; es würden sich leicht die Sommer im Innern durch eine Wärme auszeich welche die an der Küste um eben so viel übersteigt, als ihre W ter kälter sind, so daß also die mittlere Temperatur vollkom gleich wäre, wofern nicht ein anderer Umstand hiebei thätig wä es ist dieses das ungleiche Verhältniß zwischen Winter- und So merregen an der Küste und im Innern des Landes. In Engl sind die Winterregen stark, die Erkaltung wird dadurch sehr hindert, während im Innern des Landes die Temperatur seh sinkt. Wären nun an der Westküste des Continentes die R im Sommer mehrmahls stärker als im Winter, wie es der höhte Dampfgehalt der Atmosphäre erfordert, dann würde Temperatur des Sommers weit niedriger, die mittlere Wä des Jahres also geringer seyn. Eine solche Compensation f nicht Statt, es scheint vielmehr als ob der Himmel Englands Sommer weit häufiger und länger heiter sey, als im Winter und die Sonne kann mithin den Boden und die Luft erwärn Im Innern des Landes verhindern die vorherrschenden Somm regen die Erwärmung im Sommer eben so sehr, als der he Himmel im Winter die Erkaltung beförderte. Da nun an Westküste Europa's die Regen im Winter, ihre geringere M im Sommer die Temperatur mehr erhöhen, als im Innern Landes, so muß nothwendig die mittlere jährliche Wärme Küstengegenden höher seyn. Gegenden, wo sich dieser Gege zwischen Winter- und Sommerregen am stärksten zeigt, m uns auch in den mittleren Temperaturen auf derselben Breite sehr starke Aenderung mit der Entfernung von der Küste erke lassen. Daher müssen wir in Scandinavien, wo die Verthe des Regens nebst der Menge des herabgefallenen Wassers a Meeresküste und im Osten sehr bedeutende Differenzen z

57) Bd. I. S. 490.

ch eine schnelle und fast plötzliche Abnahme der Temperatur beim Uebergange von Norwegen nach Schweden erwarten.

Etwas anders von den für Europa aufgestellten Gesetzen lassen sich die Verhältnisse in America gestalten. Eben so wie Europa durch die Südwestwinde, so erhält die Westküste des neuen Continentes durch eben diese Winde eine große Menge fremdartiger Wärme von dem großen Oceane und diese äußere Wärme erhöht die Temperatur von Neu-Californien, Neu-Albion und den weiter nördlich liegenden Besitzungen der Americaner und Russen. Im Innern des Landes scheinen die Winter-kälten geringer zu seyn, und dadurch wird die mittlere Temperatur deprimirt. Das Vorherrschen der Westwinde in dem nördlichen Gebiete der vereinigten Staaten [58], welche nach der Ostküste stets kalte und trockene Luft aus dem Innern bringen, wird eine starke Winterkälte bedingen, welche nicht durch eben so heiße Sommer compensirt wird, zumal da in letzterer Jahreszeit die wärmeren vom Meere kommenden Winde häufiger wehen [59]. Zwar scheint die Nachbarschaft des Meeres etwas dazu beizutragen, daß die Temperatur an der Ostküste America's etwas höher ist, als im Innern, stets aber wird hier aus den angegebenen Gründen die Temperatur geringer seyn, als in einerlei Breite in Europa [60].

Zu den angegebenen Ursachen der Temperaturdifferenz in verschiedenen Gegenden müssen wir noch den Golfstrom rechnen. Indem der Passat auf dem atlantischen Meere mit Regelmäßigkeit weht, treibt er eine große Wassermenge nach Osten; diese westliche Strömung zeigt sich so weit, als die Passate wehen, so daß man sie noch in 26 bis 28° nördlicher Breite beobachtet hat [61]. An der Küste von Süd-America theilt sich dieser Strom in zwei Theile, einer geht nach Süden, der andere nach Norden [62]. Hier wird das Wasser im mexicanischen Meerbusen angehäuft, es folgt stets der Küste und strömt nun mit ungeheurer Schnelligkeit in den Bahama-Canal. Mit großer

58) Bd. I. S. 238.
59) Bd. I. S. 240.
60) Daniell Meteor. Ess. p. 104.
61) Humboldt Voyage I, 125.
62) Sabine in Schweigger's Jahrb. N. R. XXI, 397.

den [76]) empfahlen den Schiffern den Gebrauch des Ther- meters, um zu erfahren, ob sie sich in ihm befänden. In d Folge wurde die höhere Temperatur, durch welche sich der G strom vor dem umgebenden Ocean auszeichnet, besonders du die Untersuchungen von Humboldt und Sabine erwie So hatte nach den Erfahrungen des Erstern das Meer in d Breite von 40 bis 41° eine Temperatur von 22°,5', wä rend dieselbe außerhalb des Stromes kaum 17°,5 beträgt [77]). Als Sabine in der Breite von 36° 14′ N und der Länge v 72° 25′ W am 5ten December zwischen 10 Uhr Morgens u Mittag den Strom verließ, um gegen die Küste America's ren, sank die Temperatur des Meeres von 10^h bis 12^h °,3 bis 16°,9, also um 6°,4; dabei fand man in 120 Fa keinen Grund, und die Entfernung von den nächsten auf den Ch ten angegebenen Bänken betrug 65 Seemeilen [78]).

Die Luftmasse, welche sich über dem Golfstrome befin nimmt an dieser höheren Temperatur der Luft Theil, wie die namentlich aus der Depression des Seehorizontes hervorge Als sich Sabine am 5ten December noch auf dem Golfstro befand, betrug die um 10 Uhr beobachtete Depression des Se horizontes 4′ 44′,6; sie war 1′ 5″,6 größer als sie hätte s sollen; am Mittage, wo er den Strom verlassen hatte, war 3′ 36″,6, also nur 3″,4 zu groß. Da das Schiff in bei Fällen sehr ruhig stand und der Horizont heiter und scharf gränzt war, so waren die Beobachtungen sicher, und der Fehler b jeder Messung konnte höchstens 5″ betragen [79]).

Diese hohe Temperatur des Wassers und der darüber be findlichen Luft muß ihren Einfluß weit erstrecken, und mehre Physiker haben darauf bereits aufmerksam gemacht. Weh namentlich starke Westwinde, dann wird der Strom von sein gewöhnlichen Richtung abgelenkt, nach Europa wird eine Meng warmer Dämpfe gebracht, welche besonders die Temperatur des Winters erhöhen. Als Sabine im Januar 1822 von Plymouth nach

76) Phil. Trans. 1781. p. 384.
77) Humboldt Voyage I, 129.
78) Schweigger Jahrb. XX, 410.
79) Ebendas. N. R. XXI, 410. Andere Messungen s. Brewster's Edinb. Journ. of Sc. III, 274.

ch Madera und von hier nach dem grünen Vorgebirge segelte, war die Temperatur der Meeresoberfläche von Plymouth nach Madera viel höher als gewöhnlich. Dabei war es merkwürdig, daß das Wetter im November und December 1821 und im Januar 1822 in den südlichen Theilen von Großbritannien und Frankreich so sehr von der gewöhnlichen Beschaffenheit um diese Jahreszeit abwich, daß man darauf allgemein aufmerksam wurde; in den meteorologischen Tagebüchern wird diese Periode als ungewöhnlich warm, feucht und stürmisch charakterisirt; es geht aus denselben hervor, daß sowohl im November als December, besonders aber in dem letzteren Monate, eine ungewöhnlich große Regenmenge fiel und daß fast ohne Unterbrechung Stürme aus S und SW wehten [80]).

Muncke glaubt, daß schon die Existenz dieses Stromes genügend seyn würde, an der Küste von Europa eine viel höhere Temperatur zu erzeugen, als an der Ostküste von America, und wirft die Frage auf, ob nicht die Durchgrabung der Landenge von Panama, welche der Aequatorialstrom bald erweitern und ganz durchströmen könnte, einen großen Einfluß auf die Wärme von Europa haben würde [81]). Wenn ich jedoch nicht zugeben kann, daß blos dieser Strom Ursache einer höheren Temperatur in Europa seyn würde, und daß die Winde, welche schon Acosta für sehr wirksam bei Bestimmung der Klimate ansah [82]), hierauf gar keinen Einfluß haben sollten, so kann ich eben so wenig dem von Dove gemachten Einwurfe bestimmen, welcher diesen Strom für wenig wirksam hält, da man nicht einsehe, weshalb er da, wo er früher und mit höherer Temperatur fließt, nämlich von der Bahama-Straße bis nach Neu-Fundland hinauf, alle die wunderbaren Eigenschaften, die Temperatur zu erhöhen, nicht besitze [83]). Der Strom kann hier nämlich zur Erhöhung der Wintertemperatur nicht so viel beitragen, weil dann die kalten West-

80) Sabine in Schweigger's Jahrbuch N. R. XXI, 384.

81) Gehler's phys. Wörterb. N. A. III, 1004.

82) Acosta Histoire Naturelle et Morale des Indes. Paris 1602. lib. II u. III bei Robertson history of America p. 540 (Frankfurter Ausgabe).

83) Poggendorff's Annalen XI, 581.

winde und Nordwestwinde ein bedeutendes Uebergewicht ha
die warme Luft also vom Lande abwärts treiben, währen
Europa die warmen Dämpfe des Stromes ankommen. W
werden aber sogleich mehrere Thatsachen kennen lernen, we
ziemlich entschieden zu beweisen scheinen, daß der Strom dem
die Temperatur der Küste von America so weit erhöht, als
parallel mit dieser fortfließt, und daß die Wärme dann sehr sch
abnimmt, wenn er sich nach Osten entfernt [84]).

Man hat noch verschiedene andere Gründe aufgesucht, u
zu beweisen, daß die mittlere jährliche Temperatur nicht an a
Orten von einerlei Breite gleich seyn könne. Es ist häufig an
nommen worden, daß die Wälder die Temperatur sehr depri
ten, und namentlich hat sich Moreau de Jonnes bemü
den Einfluß von ihnen näher zu erörtern [85]). In bewaldeten
genden soll die Temperatur weit niedriger seyn; da wir nun
Innern des Festlandes von Europa so wie in America weit m
Wälder antreffen, als an der Westküste des alten Continentes,
ist die Temperatur dort geringer als hier. Diese Differenz betr
für das Innere von Europa 2°,4 und für America 5° [86]). I
dieser Untersuchung stellt der Verfasser eine Menge von Beob
tungen zusammen, die in verschiedener Höhe über dem Meere
gestellt sind, und wenn man diese berücksichtigt, so wird die D
ferenz bedeutend vermindert. Wenn es im Allgemeinen nicht
läugnen ist, daß das Thermometer in Wäldern nicht so hoch st
als auf freien Ebenen, so scheint dennoch die mittlere jäh
liche Temperatur dadurch wenig oder gar nicht geändert
werden, sobald nicht erwiesen wird, daß die Pflanzen bei ih
Wachsthume Wärme absorbiren und binden, ohne daß diese in
Folge wieder frei wird. Wenn auch Wälder die Temperatur

84) Muncke leitet aus dem Golfstrome auch die niedrigen Barom
stände her, welche man häufig in Norwegen bemerkt. Wir werden
folgenden Abschnitte sehen, daß er diese Eigenschaft auch in Am
besitzt.

85) J. A. Moreau de Jonnes Untersuchungen über die V
änderungen, die durch die Ausrottung der Wälder in dem p
sischen Zustand der Länder entstehen. Aus d. Franz. v.
Wiedemann. 8. Tübingen 1828.

86) Moreau de Jonnes l. l. p. 50.

mmers vielleicht nicht so hoch steigen lassen, als sonst geschehen ırde, so verhindern sie auf der andern Seite auch wieder die trahlung und damit die Erkaltung während der Nacht und im inter. America selbst giebt uns den auffallendsten Beweis, ch einen geringen Einfluß die Wälder auf diesen Umstand haben. ie seit mehreren Jahrhunderten von Europäern bebaute Ost iste ist schon weit entwaldeter als die westlicher liegenden Gegen en, es müßte dieser Hypothese zufolge die Westküste kälter seyn. ie Erfahrung zeigt das Gegentheil. Fort Sullivan bei Eastport Maine in 44° 44′ N hat eine mittlere jährliche Temperatur on 5°,45, dieselbe beträgt dagegen im Fort George an der Mün ing des Columbiaflusses in 46° 18′ N, ungeachtet der größeren reite 9°,29, obgleich hier wahrscheinlich dichtere Wälder vor nden sind.

Freilich spricht die allgemeine Erfahrung nebst historischen ugnissen für diesen Einfluß der Wälder. Seitdem letztere in nerica mehr ausgerottet sind, soll das Klima angenehmer ge rden seyn. Die Menschen urtheilen hier nach ihrer Empfin ng, Nebel, welche in den Wäldern häufig sind, erzeugen stets Gefühl von Kälte. Ganz dasselbe wird von Europa, nament von Deutschland erwähnt, und Moreau de Jonnes hat e Menge von Beispielen aus den Alten zusammengestellt, welche gen sollen, wie Deutschland seit den Zeiten der Römer und der rminderung der Wälder wärmer geworden sey. Aber bei aller htung vor den Alten, welche Baco von Verulam einst in Kinderjahre des Menschengeschlechts setzte, muß ich ihr Zeug in dieser Hinsicht für völlig ungültig erklären. Ihnen, die an n heiteren Himmel Italiens gewöhnt waren, welche fast gar ne Sommerregen kannten, mußte der trübe Himmel Deutsch nds fürchterlich erscheinen. Finden wir ja doch noch eben solche theile, als bei den Alten über das Klima von Deutschland, bei anzosen und Italienern [87]). Alle diese Urtheile werden hinrei nd durch folgende richtige Bemerkung von Biot charakterisirt: général, c'est un plaisir, que l'on peut se procurer d'un bout l'Europe à l'autre, que d'entendre chacun médire de ses voi du nord. En Italie on régarde la France comme un climat

87) Vgl. Buek über Hamburgs Klima und Witterung S. 16.

Linien laufen keineswegs mit den Breitenkreisen parallel, sond sind gegen sie geneigt. Von der Ostküste America's steigen selben gegen die Westküste Europa's nach Norden und erreic hier ihre größte Annäherung an den Pol, tiefer landeinwärts ken sie sich nach Süden; es hat also die Westküste Europa's weit höhere Temperatur, als die Ostküste des neuen oder das nere des alten Continentes. Die Lage dieser Isothermen g Humboldt folgendermaßen an:

1) Die Isotherme von 0° geht zwischen Ulea und Enont in Lappland fort und durch die Tafelbai in Labrador.
2) Die Isotherme von 5° geht in der Nähe von Stock und der St. Georgsbai auf Neu-Fundland vorbei.
3) Die Isotherme von 10° geht durch Belgien und bei Bo vorbei.
4) Die Isotherme von 15° geht zwischen Rom und Flo hindurch und bei Raleigh im nördlichen Carolina vorbei.

Je mehr wir uns dem Aequator nähern, desto mehr fallen Isothermen mit den Parallelkreisen zusammen, der Aequator hat eine mittlere Temperatur von 27°,5. Stellen wir die m leren Temperaturen auf denselben Breiten an der Westküste ropa's und der Ostküste America's zusammen, so zeigt sich auffallend, wie die Wärme in Europa größer ist. Wir f nämlich die folgenden zusammengehörigen Größen:

Breite	Westliches Europa	Oestliches America	Unterschied
30°	21°,4	19°,4	2°,0
40	17,3	12,5	4,8
50	10,5	3,3	7,0
60	4,8	— 4,6	9,4

Die mittleren Temperaturen nehmen bei Annäherung an die auf folgende Art ab:

	Europa	America
von 0° bis 20°	um 2°	2°
20 — 30	4	6
30 — 40	4	7
40 — 50	7	9
50 — 60	5,5	7,4

Seit der Zeit, wo Humboldt's Arbeit erschienen ist, sind e Menge von Bestimmungen der mittleren Temperatur erlenen; ich selbst habe einen großen Theil einzelner Messungen s Journalen berechnet, welche ich auf den beiliegenden Tafeln ttheile; viele der Beobachtungen, welche Humboldt seiner beit zum Grunde legte, scheinen mir außerdem verdächtig. enn daher auch die von Humboldt gegebenen Gesetze im lgemeinen richtig bleiben, so glaube ich sie doch in mancher Hinzt modificiren zu müssen.

Um bei einer größeren Zahl von Beobachtungen aus einer egend die etwa vorhandenen Anomalieen zu entfernen, scheint zweckmäßig, einen Ausdruck aufzusuchen, welcher diese Ungelmäßigkeiten zum Theil entfernt. Mayer hat zuerst einen nfachen Ausdruck angegeben, um die mittlere Temperatur in rschiedenen Breiten zu bestimmen. Bezeichnet nämlich t_φ die r Breite φ entsprechende mittlere Wärme, so ist [93])

$$t_\varphi = a - b \sin^2\varphi.$$

ayer nahm diese Function deshalb an, weil die Menge der f eine gegebene Fläche fallenden Strahlen sowohl als der senkhte Stoß derselben dem Sinus der Sonnenhöhe proportiol sey, ihre gemeinschaftliche Wirkung also mit dem Quadrate ser Sinus abnehmen müsse, letztere aber mit den Graden der reite zusammenfallen. Wenn auch nicht zu läugnen ist, daß ayer's Formel ein bequemes Mittel an die Hand giebt, se Aenderung der Wärme mit der Breite zu finden, so kann sie ch nur als eine Interpolationsformel angesehen werden. Ueberjen wir auch den Einfluß der Winde und der Hydrometeore verschiedenen Gegenden, so kann sie schon deshalb nicht nz der Natur entsprechen, weil sie voraussetzt, daß die mittlere gliche Wärme zur Zeit der Culmination der Sonne Statt finde. schien mir nöthig, diese Bemerkungen über einen Ausdruck machen, dessen ich mich sogleich mehrfach bedienen werde, dat man nicht mehr von demselben fordere, als er zu leisten im ande ist.

---

3) Mayer Opera inedita ed. Lichtenberg I, 4.

Kirwan bestimmte für die Westküste Europa's die Con-stanten des Ausdruckes und gab in Graden des Fahrenheit'schen Thermometers

$$t_\varphi = 84^\circ + 53^\circ \sin^2\varphi$$

wornach also die mittlere Temperatur des Aequators 28° (84° F.), die des Poles — 0°,5 seyn würde [94]). Dessel... Ausdruckes haben sich in der Folge Engeström [95]) und Kupffer [96]) zur Bestimmung der mittleren Temperatur der Quellen ... verschiedenen Breiten bedient. Ebenso hat d'Aubuisson zwei Formeln entwickelt, um die Temperatur allgemein auszu-drücken, es wird nämlich entweder [97])

$$t_\varphi = 28^\circ \cos^2\varphi$$

oder

$$t_\varphi = 31^\circ \cos^2\varphi$$

aber diese Ausdrücke setzen beide voraus, daß die mittlere Temperatur des Poles 0° sey, was wenig naturgemäß schei... Schmidt nimmt den Ausdruck

$$t_\varphi = a + b \sin 2\varphi + c \cdot \cos 2\varphi.$$

Zur Bestimmung der Constanten nimmt er die folgenden ... Beobachtungen

Cumana	t = 27°,7	φ = 10° 27′
Paris	t = 11,0	φ = 48. 50
Nord-Cap	t = 0,1	φ = 71. 30

und darnach wird

$$t_\varphi = 12,6 + 0,6 \sin 2\varphi + 16,1 \cos 2\varphi.$$

Da hier der Coefficient von sin 2 φ sehr klein ist, so läßt er ... Glied weg und erhält für das westliche Europa den Ausdruck [98])

$$t = 13^\circ,67 + 17^\circ,13 \cos 2\varphi.$$

Darnach beträgt die mittlere Temperatur des Aequators 30°,... die des Poles — 3°,46.

94) Kirwan Phys. chem. Schriften III, 132.
95) Physiographiske Sällskapets Arsberättelse. Lund. 1823. p. ...
96) Poggendorff's Annalen XV, 181.
97) Traité de Géognosie I, 428.
98) Schmidt mathem. u. phys. Geogr. II, 256.

Unter den verschiedenen Ausdrücken empfiehlt sich die

$$t_\varphi = a + b \cos^2\Phi$$

[ih]re Einfachheit, und wir wollen sie daher zur Bestimmung [der Tem]peratur verschiedener Gegenden anwenden. Um die Con[stanten] des Ausdruckes zu finden, bediene ich mich der in folgen[der Ta]fel enthaltenen Größen für die Westküste des alten Con[tinent]s.

Ort	Breite	Beob.	Berechnet	Unterschied
[Sie]rra-Leone-Küste	8° 30′	27°,24	28°,21	+0°,97
[Ten]eriffa	28. 28	21,72	21,45	−0,27
[Fun]chal	32. 38	19,78	19,35	−0,43
[Lissa]bon	38. 43	16,34	16,05	−0,29
[La R]ochelle	46. 9	11,70	11,80	+0,10
[Lond]on	51. 36	9,83	8,70	−1,13
[Enonte]kiord	66. 30	0,18	1,03	+0,85

[Ich ha]be unter den Orten an der Küste diejenigen ausgesucht, [die] das meiste Vertrauen zu verdienen scheinen, und nur Eno[ntekiö]t vielleicht weniger brauchbar. Werden die Constanten [nach de]r Methode der kleinsten Quadrate bestimmt, so wird

$$t_\varphi = -4°,00 + 32°,93 \cos^2\Phi.$$

[Für de]n Aequator erhalten wir darnach eine Wärme von 28°,93, [für de]n Pol von − 4°,00. Wenn auch die beobachteten Werthe [im All]gemeinen gut mit den berechneten übereinstimmen, so glaube [ich] nicht, daß wir den Ausdruck als ganz naturgemäß an[sehen d]ürfen. Hiezu bewegt mich vorzüglich die hohe Tempera[tur de]s Aequators, für welche Atkinson durch ein völlig ähn[liches V]erfahren die Größe von 29°,2 fand [99]), während dieselbe [an der] Küste des Meeres kaum bis zu 28° zu steigen scheint. [Hätte i]ch durch diese Formel die Temperatur von Orten an der [Küste v]on Norwegen berechnet, dann würde sie viel zu geringe [Werthe]n gegeben haben. Lege ich dagegen die Messungen an der [Westkü]ste Scandinaviens der Herleitung eines Ausdruckes zum [Grunde], dann ergiebt sich ein Resultat für den Aequator, welches

[99]) Humboldt in Poggendorff's Annalen VIII, 169.

noch mehr von der Wahrheit abweicht; ganz etwas Aehnliches zeigt uns die Ostküste von America, und dieses wird und muß allenthalben der Fall seyn, wenn wir durch eine so einfache Formel die Messungen auf einem gewissen Theile der Erde verbinden wollen.

Es setzt diese Formel voraus, daß die Erwärmung an allen Orten nach demselben Gesetze erfolge; betrachten wir jedoch die Erscheinungen, wie sie wirklich Statt finden, näher, so zeigt schon eine einfache Betrachtung, daß ein jeder Ausdruck dieser Art nicht naturgemäß seyn wird, wenn wir aus Beobachtungen an der Westküste Europa's die Wärme des Aequators herleiten wollen. Durch die Winterregen erhalten jene Gegenden eine höhere Temperatur, als sie sonst haben würden; das Gegentheil findet am Aequator Statt. Gerade zu den Jahres- und Tageszeiten, wo die Sonne am höchsten steht, wird ihre Einwirkung durch die dicke Bewölkung verhindert, die Wärme durch den kalten Regen deprimirt. Daher ist die Temperatur des Aequators geringer, als sie ohne diesen Umstand seyn würde. Selbst bis zu bedeutender Entfernung scheint sich diese Temperaturdepression zu erstrecken, indem an Orten, die in der Nähe des Wendekreises liegen, aber keine tropischen Regen mehr haben, die Temperatur noch einige Zeit nach der Mitte des Julius steigt, wie dieses besonders die Beobachtungen auf Teneriffa, Palma und Madera beweisen, die einen Gang zeigen, welcher ganz von dem abweicht, den wir für mittlere und höhere Breiten gefunden haben. Indem die Wärme nach dem Ende der nassen Jahreszeit über Africa steigt, nimmt sie auch über den benachbarten Inseln zu.

Wie wenig ein so einfacher Ausdruck genügt, um die mittlere Temperatur von Orten zu bestimmen, deren Breiten sehr verschieden sind, zeigt uns die Ostküste von America am besten. Die Messungen, welche hier das meiste Zutrauen verdienen, geben folgende Größen:

	Breite	Beobachtet	Berechnet	Unterschied
Cumana	10° 27′ N	27°,70	31°,03	+ 3°,33
Vera-Cruz	19. 12	25,00	27,19	+ 2,19
Havanna	23. 9	25,49	24,83	— 0,66
Cant. Brooke	27. 57	22,43	21,51	— 0,92
St. Augustine	29. 50	22,35	20,10	— 2,25
Cant. Clinch	30. 24	20,29	19,66	— 0,63
Fort Moultrie	32. 42	18,62	17,84	— 0,78
Fort Johnston	34. 0	19,22	16,78	— 0,44
Washington	38. 53	13,48	12,63	— 0,85
Fort Mifflin	39. 51	12,46	11,78	— 0,68
Fort Columbus	40. 42	11,40	11,05	— 0,35
Fort Wolcott	41. 30	10,44	10,34	— 0,10
Cambridge	42. 25	8,04	9,53	+ 1,49
Fort Sullivan	44. 44	5,45	7,48	+ 2,03

Diese Orte geben bei Anwendung der Methode der kleinsten Quadrate

$$t_\varphi = -18°,22 + 50°,92 \cos^2\varphi.$$

Die nach diesem Ausdrucke berechneten Größen sind in der obigen Tafel enthalten; obgleich diese Messungen nur einen Raum von 35 Breitengraden umfassen, so zeigen doch die Differenzen zwischen den beobachteten und berechneten Werthen hinreichend, daß der obige Ausdruck nicht allgemein genügt, um das Gesetz der Temperaturänderungen über einen großen Theil des Meridianquadranten anzugeben, indem diese Differenzen einem bestimmten Gesetze folgen. Es ließe sich vielleicht ein Ausdruck herleiten, welcher nach den Potenzen des Cosinus der Breite geordnet wäre und mehr mit der Natur übereinstimmte; dadurch würde jedoch die Rechnung viel weitläufiger, und es scheint mir daher zweckmäßiger, die Constanten der Formel nur für eine bestimmte Anzahl von Breitengraden aufzusuchen, aber für andere Breitengrade dieselben aufs Neue aus den Beobachtungen herzuleiten, sobald die Abweichungen zwischen den beobachteten und berechneten Werthen bedeutender werden.

Ich will zuerst die Temperatur des Aequators an der Westküste des alten Continentes bestimmen. Hier haben wir folgende Messungen:

	Breite	Beobachtet	Berechnet	Unterschied
Sierra-Leone	8° 30′ N	27°,24	27°,25	+ 0°,01
Teneriffa	28. 28	21,72	21,63	— 0,09
Funchal	32. 38	19,78	19,88	+ 0,10

Die Temperaturen an diesen drei Orten lassen sich ausdrücken durch die Gleichung

$$t_\varphi = 0°,46 + 27°,39 . \cos^2 \varphi.$$

Die in der obigen Tafel enthaltenen Differenzen zwischen den beobachteten Werthen zeigen hinreichend, daß der Ausdruck der Natur entspricht. Hiernach liegt an der Westküste des alten Continentes

die Isotherme von 25° in 18° 49′ N
20 32. 22

Für den Aequator ergiebt sich hieraus eine mittlere Temperatur von 27°,85 und stimmt sehr nahe mit der Annahme von Humboldt, welcher diese Größe in runden Zahlen zu 27½° feststellte [1]).

Zur Bestimmung der Temperatur des Aequators finden wir an der Ostküste von America nördlich vom Aequator folgende Messungen:

	Breite	Beobachtet	Berechnet	Unterschied
Cumana	10° 27′ N	27°,70	27°,33	— 0°,37
Camp de Louise [2])	19. 42	25,12	25,58	+ 0,46
Vera Cruz	19. 12	25,00	25,70	+ 0,70
Havanna	23. 9	25,49	24,69	— 0,80

Die berechneten Größen sind gefunden durch den Ausdruck

$$t_\varphi = 6°,30 + 21°,75 \cos^2 \varphi.$$

Die Differenzen sind bedeutender, als bei den Orten an der Westküste von Africa. Die Isotherme von 25° geht darnach durch den Parallelkreis von 22° 0′, die Temperatur des Aequators würde 28°,05 betragen. Um letztere Größe schärfer zu

1) Mém. d'Arcueil III, 499. und Poggendorff's Annalen III, 169.

2) Auf St. Domingo, Cotte Mem. II, 294.

bestimmen, würden mehr Messungen erforderlich seyn, zumal da Anomalieen in den mittleren Temperaturen nicht zu verkennen sind. In der südlichen Halbkugel besitzen wir folgende Messungen:

Maranham in 2° 29′ S. Mittl. Temp. 27°,4 [3])
Rio Janeiro 22. 54 23,5

Diese geben den Ausdruck

$$t_{\varphi} = 13^{\circ},40 + 14^{\circ},03 \cos^2\varphi$$

also für die mittlere Temperatur des Aequators an der Ostküste von America 27°,43; nehmen wir das Mittel aus dieser und der vorigen Bestimmung, so wird die Wärme des Aequators 27°,74.

Beobachtungen in dem indischen und chinesischen Meere geben folgende mittlere Temperaturen:

	Breite	Beobachtet	Berechnet	Unterschied
Batavia	6° 12′ S	26°,90	27°,41	+ 0°,51
Colombo	7. 0 N	27,32	27,36	+ 0,04
Trinconomalle	8. 32	27,58	27,23	— 0,35
Madras [4])	13. 4	27,53	26,72	— 0,81
Manilla [4])	14. 36	25,60	26,50	+ 0,90
Bombay [4])	18. 56	26,70	25,76	— 0,94
Macao [4])	22. 12	23,30	25,10	+ 1,80
Calcutta	22. 35	26,27	25,01	— 1,27

Aus diesen Beobachtungen ergiebt sich der Ausdruck

$$t_{\varphi} = 9^{\circ},95 + 17^{\circ},67 \cos^2\varphi.$$

Die nach diesem Ausdrucke berechneten Temperaturen sind schon in der obigen Tafel enthalten. Die Temperatur des Aequators wird demnach im indischen Meere 27°,62.

---

3) Messungen von Antonio Pereira Lago bei Humboldt in Poggendorff's Annalen VIII, 171.

4) Bei Humboldt l. l. Pondichery in 11° 55′ N hat eine Temperatur von 29°,6, wegen des sandigen Ufers jedenfalls zu hoch.

Auf der Westküste America's sind mir gar keine Messungen aus niederen Breiten bekannt, dagegen besitzen wir Beobachtungen auf zwei Inseln des großen Oceanes, nämlich

Hawaii	in 19° 30′ N,	mittl. Temp.	24°,02
Raiatea	16. 40 S		24,87

Beide geben den Ausdruck

$$t_\varphi = -1^\circ{,}94 + 29^\circ{,}21 \cos^2\varphi$$

darnach wird die mittlere Temperatur des Aequators 27°,27.

Stellen wir nun die einzelnen Bestimmungen für den Aequator zusammen, so erhalten wir für die Temperatur desselben

Westküste von Africa	27°,85
Ostküste von America	27,74
Hindostan	27,62
Großer Ocean	27,27

Die drei ersten dieser Angaben stimmen vollkommen mit einander überein, bedeutender ist die Abweichung der vierten; schließen wir daher letztere als auf wenigen Messungen beruhend aus, so erhalten wir für die mittlere Temperatur des Aequators an den Küsten der größeren Continente 27°,74, sehr nahe übereinstimmend mit den Angaben Humboldt's.

Ob aber die Temperatur des Aequators im Innern der Continente eben so beschaffen sey, läßt sich bisher aus Mangel an Beobachtungen nicht vollkommen genau bestimmen. Es scheint mir jedoch nicht ganz unwahrscheinlich, daß die mittlere Wärme im Festlande etwas höher sey, als an den Küsten des Meeres, so daß sich die Isothermen in niederen Breiten vom Aequator entfernen, dem Verhalten in höheren Breiten entgegengesetzt, und zu eben diesem Resultate scheint auch Brewster gekommen zu seyn [5]), während Humboldt annimmt, daß der Aequator allenthalben einerlei Wärme habe. Wenn wir erwägen, daß es in Africa sowohl als in Asien große Ländermassen giebt, in denen es entweder nie oder selten regnet, so ist begreiflich, daß diese, die im Sommer sehr stark erwärmt werden, dazu beitragen müssen, die Temperatur selbst von denjenigen Gegenden zu

5) Edinb. Journ. of Sc. N. S. II, 260.

erhöhen, in denen sich der Wechsel der trockenen und nassen Jahreszeit noch zeigt. Wenige Messungen in Africa scheinen es zu bestätigen, daß hier der Aequator eine höhere Temperatur hat, als am Meere [6]).

	Breite	Beobachtet	Berechnet	Unterschied
Kouka (Bornu)	12° 11′ N	28°,68	28°,06	—0°,62
Cobbé (Dar-Fur)	14. 11	27,21	27,65	+0,41
Cairo	30. 3	22,19	22,66	+0,47
Tunis	36. 48	20,14	19,84	—0,30

Die Beobachtungen geben den Ausdruck

$$t_{\varphi} = 3°,07 + 26°,15 \cos^2 \varphi.$$

Darnach beträgt die mittlere Temperatur des Aequators im Innern von Africa 29°,22. Leiten wir aus dem Ausdrucke die Breitenkreise her, durch welche die Isothermen gehen, so finden wir

Isotherme von 25° in 23° 42′ N
20 36. 26

Die Isotherme von 25° ging an der Westküste Europa's durch 18° 49′ N, sie ist also in der östlichen Hälfte des nördlichen Africa mehrere Grade nach Norden gerückt, und diese nördliche Biegung scheint sich noch bis ins Innere von Africa fortzusetzen, wenigstens scheint die Isotherme von 25° in der Nähe von Abushehr vom persischen Meerbusen in 28° 15′ N fortzugehen, sich dann aber nach Süden zu biegen und nördlich von Benares fortzulaufen [7]), worauf sie bei Calcutta in 22° 35′ N das Gestade des Meeres erreicht.

Suchen wir die Temperatur außerhalb der Wendekreise zu bestimmen, so sehen wir uns fast allenthalben genöthigt, für Orte, die zu derselben Gruppe von Klimaten gehören, mehrere einzelne Ausdrücke zu entwickeln. Ich will dieses zuerst bei der Ostküste America's thun, wo die Wärme sich mit der Breite bald schneller

6) Messungen zu Algier habe ich ausgeschlossen, da die mittlere Temperatur wahrscheinlich zu hoch ist.

7) Benares in 25° 20′ N, mittl. Temp. 25°,2. Humboldt in Pogggend. Annal. VIII, 172.

bald langsamer ändert; die Orte in Florida geben einen ganz andern Ausdruck, als die Orte in dem mittleren oder nördlichen Theile der vereinigten Staaten. Stellen wir die Orte in Florida und Süd-Carolina zusammen, so wird

	Breite	Beobachtet	Berechnet	Unterschied
Cant. Brooke	27° 57′	22°,43	22°,83	+ 0°,40
St. Augustine	29. 50	22,35	21,41	— 0,94
Cant. Clinch	30. 24	20,29	20,98	+ 0,68
Fort Moultrie	32. 42	18,62	19,13	+ 0,51
Fort Johnston	34. 0	19,22	18,08	— 1,14
Washington	38. 53	13,48	13,93	+ 0,45

Der Ausdruck, durch welchen diese mittleren Temperaturen gefunden werden, ist

$$t_\varphi = -17°,03 + 51°,09 \cos^2\varphi$$

aber kaum dürfen wir ihn auf Beobachtungen anwenden, die einige Grade außerhalb des angegebenen Raumes liegen. Nach diesem Ausdrucke liegt

die Isotherme von 20° in 31° 38′ N
15 37 39′ N

In der Mitte der vereinigten Staaten scheinen folgende Messungen an der Ostküste das meiste Zutrauen zu verdienen:

	Breite	Beobachtet	Berechnet	Unterschied
Washington	38° 53′ N	13°,48	13°,68	+ 0°,20
Fort Mifflin	39. 51	12,46	12,33	— 0,13
Fort Columbus	40. 42	11,40	11,14	— 0,26
Fort Wolcott	41. 30	10,44	10,01	— 0,43
Cambridge	42. 25	8,04	8,71	+ 0,67
Fort Sullivan	44. 44	5,45	5,42	— 0,03

Die Größen lassen sich ausdrücken durch die Gleichung

$$t_\varphi = -35°,75 + 81°,58 \cos^2\varphi.$$

Auch diese Formel dürfen wir nicht über die Gränzen der angegebenen Orte ausdehnen; denn suchten wir z. B. die Temperatur vom Canton Brooke zu bestimmen, so erhielten wir 27°,91, also mehr als 5° zu groß, dagegen für Nain in Labrador in 57° 50′ wür-

würden wir die Temperatur von — 11°,55 erhalten, während die Erfahrung — 3°,62 giebt. Suchen wir die Parallelen, durch welche die Isothermen zwischen 5° und 15° hindurchgehen, so erhalten wir folgende Größen:

Isotherme von 15°		37° 56'; vorher fanden wir
		37. 39
	Mittel	37. 48
10°		40. 45
5°		45. 2

Vom Fort Sullivan bis zu Nain im Labrador in 57° 0' ist mir keine einzige Messung bekannt; um daher die Temperatur an dem nördlichen Theile der Ostküste America's zu bestimmen, will ich Cambridge, Fort Sullivan, Nain und Okak in Labrador zusammenstellen.

	Breite	Beobachtet	Berechnet	Unterschied
Cambridge	42° 25'	8°,04	7°,60	+0°,44
Fort Sullivan	44. 44	5,45	5,84	+0,39
Nain	57. 0	— 3,62	— 3,22	+0,40
Okak	57. 30	— 3,24	— 3,57	— 0,33

Diese vier Orte geben den Ausdruck

$$t_\varphi = -16°,15 + 43°,58 \cos^2\varphi$$

und es liegt darnach die

Isotherme von	5°	in	45° 51' N; vorher fanden wir
			45. 2
		Mittel	45. 26
	0°	in	52. 30
	— 5°	in	59. 37
	— 10°	in	67. 40
	— 10°	in	79. 30

Die Temperatur des Poles würde nach diesem Ausdrucke — 16°,15, die des Aequators 28°,05 seyn, letztere zufällig genauer, als nach irgend einer der so eben gegebenen Functionen; dagegen würden wir bei den Zwischenpunkten Fehler von mehreren Graden begehen, wenn wir ihre mittlere Temperatur nach dieser Gleichung berechnen wollten.

Weniger auffallende Anomalieen finden wir an der Westküste von Europa. Stellen wir hier die Beobachtungen zusammen, welche an der Küste das meiste Zutrauen zu verdienen scheinen, so erhalten wir folgende Größen:

	Breite	Beobachtet	Berechnet	Unterschied
Funchal	32° 38	19°,78	19°,10	— 0°,68
Lissabon	38. 43	16,34	16,34	0
la Rochelle	46. 9	11,70	12,80	+ 1,10
Gosport	50. 48	10,97	10,59	— 0,38
London	51. 30	9,83	10,26	+ 0,43
Dublin	53. 21	9,56	9,40	— 0,16
Kendal	54. 17	8,07	8,98	+ 0,91
Edinburgh	55. 58	8,64	8,22	— 0,42
Kinfauns Castle	56. 23	8,00	8,03	+ 0,03
Ullensvang	60. 20	7,20	6,34	— 0,86

Die in dieser Tafel enthaltenen Größen lassen sich durch den Ausdruck

$$t_\varphi = -0°,39 + 27°,48 \cos^2\varphi$$

darstellen; Funchal scheint nicht mehr ganz in diese Gruppe zu gehören, und eben so wenig Ullensvang in Norwegen; dagegen bis nach Schottland stimmen die beobachteten und berechneten Werthe gut überein, da die bedeutende Differenz in Rochelle ihren Grund vielleicht darin hat, daß die mittlere Temperatur dieses Ortes noch nicht hinreichend scharf bestimmt ist. Werden hieraus die Punkte hergeleitet, in denen die Isothermen die Westküste Europa's treffen, so finden wir die

Isotherme von 20° in 30° 32′ N; vorher fanden wir 32. 22

Mittel		31. 27
	15°	41. 33
	10°	52. 3

Verfolgen wir die Abnahme der Temperatur weiter nach Norden, so zeigt sich sehr deutlich, wie wir zwei verschiedene Gruppen zu unterscheiden haben; in Schottland und Island ist die Temperatur in derselben Breite mehrere Grade kleiner als an der West-

ſte Norwegens; die ſhetländiſche Inſel Unſt liegt mit einer
nz anomalen Temperatur zwiſchen Schottland und Island, ich
ll ſie daher bei Beſtimmung der Conſtanten ausſchließen, was
n ſo mehr erlaubt ſcheint, da die Temperatur hier aus demſel-
n Grunde ſo bedeutend erhöht wird, als in Norwegen.

Entwickeln wir einen Ausdruck, um die Temperaturabnahme
n Schottland bis Island kennen zu lernen, ſo können wir fol-
nde Beobachtungen zur Beſtimmung der Conſtanten anwenden:

	Breite	Beobachtet	Berechnet	Unterſchied
dinburgh	55° 58′	8°,64	8°,49	— 0°,15
nfauns Caſtle	56. 23	8,00	8,13	+ 0,13
afiord (Island)	66. 30	0,18	0,20	+ 0,02

Die Gleichung wird für dieſe Breiten

$$t\varphi = -8°,35 + 53°,78 \cos^2\varphi.$$

d hieraus ergiebt ſich für die

Iſotherme von	5°	60° 7′ N
	0°	66. 48
	— 5°	75. 33

itten wir die Temperatur der Inſel Unſt in 60° 42′ N berech-
t, ſo würden wir 4°,53 erhalten haben, während die Erfah-
ng eine um 3° höhere Temperatur giebt. Noch weiter nörd-
ſcheint dieſe Formel gültig zu ſeyn, wenigſtens leitet L. v. Buch
s den Sommerbeobachtungen Scoresby's für das Polar-
er in 78° N die mittlere Temperatur von — 6°,75 her [*]),
hrend die obige Formel — 6°,03 giebt: eine Differenz, die
Beſtimmungen dieſer Art wohl zu überſehen ſcheint.

Die Weſtküſte Norwegens zeichnet ſich durch eine hohe Tem-
ratur aus, wie die in folgender Tafel enthaltenen Meſſungen
gen:

*) v. Buch Canar. Ins. p. 176. L. v. Buch giebt für dieſe Breite die Temperatur von — 6°,7 R., eine nochmalige Vergleichung der Elemente hat mir — 6°,75. C. gegeben.

	Breite	Beobacht.	Berechnet	Unterschied
Ullensvang	60° 20′	7°,20	7°,46	+ 0°,26
Bergen	60. 24	8,18	7,41	— 0,77
Unst (Shetl. Ins.)	60. 42	7,48	7,17	— 0,31
Söndmör	62. 32	5,28	5,75	+ 0,47
Drontheim	63. 26	4,48	5,04	+ 0,56
Nord-Cap	71. 10	0,07	— 0,13	— 0,20

Der Ausdruck, durch welchen die berechneten Größen gefunden sind, ist

$$t_\varphi = -5°,75 + 53°,93 \cos^2 \varphi;$$

wird derselbe mit dem Ausdrucke für Schottland und Island verglichen, so zeigt sich, daß der Coefficient von $\cos^2\varphi$ derselbe ist, daß also die Temperatur in beiden Gruppen für gleiche Breitendifferenzen um dieselben Größen abnimmt; aber die Temperatur an der Westküste Norwegens ist um 2°,6 höher als in Schottland und auf Island. Diese Küste wird geschnitten von der

Isotherme von 5° in 63° 23′ N
0° 70. 56.

Ehe ich die Temperaturabnahme in anderen Gegenden untersuche, scheint es mir zweckmäßig, die Größen zu vergleichen, die wir an den gegenüber liegenden Ufern des atlantischen Meeres gefunden haben. Die Isothermen gehen hier durch folgende Punkte:

	Küste von America	Westküste des alten Continentes	Westküste von Norwegen
Isotherme von 25°	22° 0′ N	18°. 49′ N	
20	31. 58	31. 27	
15	37. 48	41. 33	
10	40. 45	52. 3	
5	45. 26	60. 7	63°. 23 N
0	52. 30	66. 48	70. 56
— 5	59. 37	75. 33	
—10	67. 40		
—15	79. 30		

Obgleich sich im Allgemeinen die Isothermen von der Ostküste America's gegen die Westküste Europa's gegen Norden heben, so fin-

den wir doch in niederen Breiten eine Anomalie, indem die Isotherme von 25° die Westküste von Africa 3° südlicher schneidet, als die Ostküste des neuen Continentes. Ob diese Anomalie ihren Grund darin habe, daß den Bestimmungen nicht eine hinreichende Anzahl von Messungen zum Grunde liegt, muß künftigen Beobachtern zur Entscheidung überlassen bleiben. Jedoch scheint es mir keinesweges unmöglich, daß wirklich eine solche Biegung Statt finden könne, und der Grund hievon ist die große Strömung durch das atlantische Meer. Indem unter dem Aequator eine große Wassermenge nach Westen getrieben wird, muß diese an der Ostküste Africa's wieder ersetzt werden, was nur dadurch möglich wird, daß Wasser aus höheren Breiten hinzuströmt, das nothwendig eine geringere Temperatur hat, als es vermöge seines Abstandes vom Aequator haben würde. Auch haben die Schiffer bei den capverdischen Inseln, bei den canarischen Inseln und Madera starke nach Süden gehende Ströme bemerkt [9]), welche sich an der Küste Africa's gegen den Golf von Guinea bewegen. Der Aequatorialstrom zeichnet sich hier, wo er seinen Anfang nimmt, durch eine ungewöhnlich niedrige Temperatur aus [10]), welche erst auf dem Wege gegen America nach und nach zunimmt. Die geringere Temperatur des Meeres an der Oberfläche wird dazu beitragen, die Wärme der Luft zu deprimiren, während das erwärmte und bei America vorbeifließende Wasser hier das Gegentheil bewirkt.

In der Breite von dreißig und einigen Graden nimmt die Temperatur an der Ostküste des neuen Continentes sehr schnell ab, erst später erfolgt wieder eine langsamere Verminderung der Wärme, aber in der gedachten Gegend entfernt sich der Golfstrom plötzlich vom Lande. Von dieser Breite an ist die Wärme Europa's bedeutend höher, woran theils die Westwinde, theils die Temperatur des Golfstromes Schuld sind. Besonders zeigt sich diese große Wärme in steil vom Meere aufsteigenden Gegenden, wie in Norwegen und auf den shetländischen Inseln, wo die

9) Romme Tableaux des vents, des courans et des marées I, 210.

10) Sabine in Schweigger's Jahrb. N. R. XXI, 394.

starken Winterregen im Stande sind, die mittlere Wärme um mehrere Grade zu erhöhen.

Für das Innere von Nord-America können wir einen Ausdruck entwickeln, welcher die sämmtlichen vorhandenen Messungen hinreichend scharf wiedergiebt. Diese Beobachtungen sind folgende:

	Breite	Beobachtet	Berechnet	Unterschied
Natchez	31° 28′	18°,28	19°,74	+ 1,46
Cant. Jesup	31. 30	20,12	19,71	— 0,41
Cincinnati	39. 6	12,12	12,63	+ 0,51
Council Bluffs	41. 25	10,90	10,37	— 0,53
Fort Crawford	43. 3	7,23	8,76	+ 1,43
Fort Snelling	44. 53	7,10	6,94	— 0,16
Fort Brady	46. 39	4,89	5,19	+ 0,30
Cumberland House	54. 0	0,24	— 1,95	— 2,19
Fort Enterprise	64. 30	— 12,13	— 11,04	+ 1,09
Winter-Insel	66. 12	— 12,48	— 12,32	+ 0,16
Iglooliк-Insel	69. 20	— 13,89	— 14,49	— 0,60
Melville-Insel	74. 47	— 16,93	— 17,65	— 0,72

Aus diesen Aufzeichnungen ergiebt sich der Ausdruck

$$t_\varphi = -21°,56 + 56°,77 \cos^2\varphi.$$

Hätten wir die Beobachtungen zwischen $31\frac{1}{2}°$ und $46\frac{1}{2}°$ einzeln combinirt, so hätten wir die Gleichung

$$t_\varphi = -21°,83 + 56°,56 \cos^2\varphi.$$

erhalten; die Messungen zwischen $44°\frac{1}{4}$ und $74\frac{1}{4}$ geben

$$t_\varphi = -21°,32 + 56°,98 \cos^2\varphi.$$

Beide Ausdrücke stimmen also so gut überein, als man es bei Untersuchungen dieser Art erlangen kann: ein Beweis, daß die Temperaturabnahme im Innern von America nach demselben nur vorzugsweise durch die Sonnenhöhe bedingten Gesetze abnimmt. Leiten wir hieraus die Punkte her, in denen die Isothermen den Meridian von etwa 90° westlicher Länge schneiden, so erhalten wir folgende Größen:

Isotherme von 20° in 30° 40'
15 36. 10
10 41. 20
5 46. 50
0 51. 50
— 5 57. 40
— 10 63. 30
— 15 70. 30

n die Temperaturverhältnisse an der Westküste von America anzugeben, besitze ich nur Aufzeichnungen im Fort George an der ündung des Columbiaflusses in 46° 18'; darnach ist die mittlere Temperatur 9°,29, mehrere Grade größer als in derselben eite an der Ostküste des neuen Continentes. Um diese Temperaturänderung mit der Entfernung vom Aequator beiläufig zu stimmen, will ich diese Messung mit der in Hawaii combiniren; rnach ist die mittlere Temperatur 24°,02 in der Breite von)° 30' N, und wir erhalten durch beide Bestimmungen den sdruck

$$t_\varphi = -7°,38 + 34°,94 \cos^2\varphi.$$

ir den Aequator erhielten wir darnach eine mittlere Wärme von °,56, wie wir dieselbe oben bestimmten, und es scheint darnach, ß der Ausdruck ziemlich genüge, um die Temperatur dieser Genden vom Aequator bis zu einer Breite von 50° zu berechnen.

Leiten wir aus dieser Gleichung die Breitenkreise her, in nen die einzelnen Isothermen die Westküste America's erreichen, d stellen diese mit dem im Innern und an der Ostküste gefundenen Bestimmungen zusammen, so erhalten wir folgende Tafel:

Isotherme von	Westküste von America	Inneres von America	Ostküste von America
25°	15° 42' N		22° 0' N
20	27. 43	30° 40' N	31. 38
15	36. 50	36. 10	37. 48
10	45. 9	41. 20	40. 45
5	53. 28	46. 50	45. 26
0	62. 38	51. 50	52. 30
— 5	74. 52	57. 40	59. 37
— 10		63. 30	67. 40
— 15		70. 30	79. 30

starken Winterregen im Stande sind, die mittlere Wärme um mehrere Grade zu erhöhen.

Für das Innere von Nord-America können wir einen Ausdruck entwickeln, welcher die sämmtlichen vorhandenen Messungen hinreichend scharf wiedergiebt. Diese Beobachtungen sind folgende:

	Breite	Beobachtet	Berechnet	Unterschied
Natchez	31° 28′	18°,28	19°,74	+ 1,46
Cant. Jesup	31. 30	20,12	19,71	— 0,41
Cincinnati	39. 6	12,12	12,63	+ 0,51
Council Bluffs	41. 25	10,90	10,37	— 0,53
Fort Crawford	43. 3	7,23	8,76	+ 1,43
Fort Snelling	44. 53	7,10	6,94	— 0,16
Fort Brady	46. 39	4,89	5,19	+ 0,30
Cumberland House	54. 0	0,24	— 1,95	— 2,19
Fort Enterprise	64. 30	— 12,13	— 11,04	+ 1,09
Winter-Insel	66. 12	— 12,48	— 12,32	+ 0,16
Igloolik-Insel	69. 20	— 13,89	— 14,49	— 0,60
Melville-Insel	74. 47	— 16,93	— 17,65	— 0,72

Aus diesen Aufzeichnungen ergiebt sich der Ausdruck

$$t_\varphi = -21°,56 + 56°,77 \cos^2 \varphi.$$

Hätten wir die Beobachtungen zwischen $31\frac{1}{2}°$ und $46\frac{1}{2}°$ einzeln combinirt, so hätten wir die Gleichung

$$t_\varphi = -21°,83 + 56°,56 \cos^2 \varphi.$$

erhalten; die Messungen zwischen $44°\frac{3}{4}$ und $74\frac{3}{4}$ geben

$$t_\varphi = -21°,32 + 56°,98 \cos^2 \varphi.$$

Beide Ausdrücke stimmen also so gut überein, als man es bei Untersuchungen dieser Art erlangen kann: ein Beweis, daß die Temperaturabnahme im Innern von America nach demselben nur vorzugsweise durch die Sonnenhöhe bedingten Gesetze abnimmt. Leiten wir hieraus die Punkte her, in denen die Isothermen den Meridian von etwa 90° westlicher Länge schneiden, so erhalten wir folgende Größen:

Isotherme von	20°	in 30° 40′
	15	36. 10
	10	41. 20
	5	46. 50
	0	51. 50
	— 5	57. 40
	— 10	63. 30
	— 15	70. 30

m die Temperaturverhältnisse an der Westküste von America an-
geben, besitze ich nur Aufzeichnungen im Fort George an der
Mündung des Columbiaflusses in 46° 18′; darnach ist die mitt-
re Temperatur 9°,29, mehrere Grade größer als in derselben
reite an der Ostküste des neuen Continentes. Um diese Tempe-
turänderung mit der Entfernung vom Aequator beiläufig zu
stimmen, will ich diese Messung mit der in Hawaii combiniren;
renach ist die mittlere Temperatur 24°,02 in der Breite von
9° 30′ N, und wir erhalten durch beide Bestimmungen den
usdruck

$$t_\varphi = -7°,38 + 34°,94 \cos{}^2\varphi.$$

ür den Aequator erhielten wir darnach eine mittlere Wärme von
7°,56, wie wir dieselbe oben bestimmten, und es scheint darnach,
ß der Ausdruck ziemlich genüge, um die Temperatur dieser Ge-
nden vom Aequator bis zu einer Breite von 50° zu berechnen.

Leiten wir aus dieser Gleichung die Breitenkreise her, in
nen die einzelnen Isothermen die Westküste America's erreichen,
nd stellen diese mit dem im Innern und an der Ostküste gefunde-
n Bestimmungen zusammen, so erhalten wir folgende Tafel:

Isotherme von	Westküste von America	Inneres von America	Ostküste von America
25°	15° 42′ N		22° 0′ N
20	27. 43	30° 40′ N	31. 38
15	36. 50	36. 10	37. 48
10	45. 9	41. 20	40. 45
5	53. 28	46. 50	45. 26
0	62. 38	51. 50	52. 30
— 5	74. 52	57. 40	59. 37
— 10		63. 30	67. 40
— 15		70. 30	79. 30

In niederen Breiten scheint die mittlere Temperatur an der Westküste von America etwas geringer zu seyn, als im Innern und an der Ostküste, und auch hier müssen wir eben so wie bei der Vergleichung der Westküste des alten und der Ostküste des neuen Continentes den Grund in den Meeresströmen suchen. Durch die Passate wird ein lebhafter westlicher Strom erzeugt, welchem die Schiffer auf dem hohen Meere fast allgemein wahrgenommen haben [11]); dieses fortgetriebene Wasser wird von Norden her ersetzt, daher gehen die Ströme bei Californien nach Süden [12]); an den Küsten von Peru und Chili führt ein Strom höherer Breiten kaltes Wasser gegen den Aequator. Der dänische Seeofficier Dirckinck von Holmfeldt fand im Hafen von Callao die Temperatur des Meerwassers im August 15°,7, im März 19°,6, während die Temperatur des Meeres außerhalb des Stromes 26 bis 27° beträgt [13]). Dieses an den Westküsten der Continente vorbeistreichende kalte Wasser deprimirt die Wärme. Weiter nördlich, wo die Südwestwinde die vorherrschenden sind und feuchte und warme Luftmassen gegen das Festland führen, wird die Temperatur an der Westküste wieder größer, indem bei der Isotherme von 5° der Unterschied beider Küsten 8 Breitengrade beträgt. Ob diese höhere Temperatur noch weiter nördlich, wo beide Continente näher an einander rücken, fortdaure, muß durch Beobachtungen in den russischen Colonieen entschieden werden. Sehr wahrscheinlich wird es indessen, daß die Temperatur an beiden Küsten von America größer sey, als im Innern des Landes, und daß sich die Isothermen im Innern stark nach Süden biegen. Zu demselben Resultate in Betreff der Biegung der Isothermen ist auch Brewster gekommen, und er folgert aus seinen Untersuchungen, daß der Pol nicht der kälteste Punkt der Erde sey, sondern daß es zwei Punkte größter Kälte, Kältepole, gebe, welche im Innern beider Continente liegen und sich in Meridianen befinden, welche etwa 90° von dem des westlichen Europa entfernt sind. Beide fallen, seiner Meinung nach, nahe mit den Magnetpolen zusam-

11) Romme Tableaux I, 252.

12) Ibid. p. 253.

13) Humboldt über die Hauptursachen der Temperaturverschiedenheit S. 22.

men [14]); wogegen Humboldt glaubt, das Minimum der mittleren jährlichen Temperatur liege nach Capitän Sabine's Untersuchungen im Nordwesten von Melville's Insel im Meridiane der Beringsstraße, wahrscheinlich in 82 bis 83 Grad Breite [15]). Da das Land sich nördlich von der Beringsstraße wieder von einander entfernt, da ferner durch diese Straße stets ein starker Strom nach NO geht [16]), welcher sich in der Fury- und Hecla-Straße nach den Erfahrungen Parry's nach Osten bewegt und dann durch die Baffins-Bai ins atlantische Meer zu gehen scheint; so halte ich es für wahrscheinlich, daß der Meridian, in welchem die Temperatur am kleinsten ist, weit östlicher liege, als Sabine angiebt, da dieser Strom nothwendig dazu beitragen muß, die Temperatur des nordwestlichen Theiles von America zu erhöhen.

Ueber die Temperatur im Innern und an der Ostküste des alten Continentes fehlt es noch sehr an Beobachtungen; um jedoch die Lage der Isothermen so lange annähernd zu bestimmen, bis künftige Messungen uns eines Bessern belehrt haben, will ich die wenigen vorhandenen Messungen in den Längen von 55° und 90° O, so wie an der Ostküste einzeln zusammenstellen. In der Länge von 55° haben wir die drei folgenden mittleren Temperaturen:

Abushehr	$\varphi = 28° 18'$,	$t = 25°,03$
Slatoust [17])	$\varphi = 55. \ 8$,	$t = 2,49$
Kasan	$\varphi = 55. \ 44$,	$t = 3,08$

Diese Messungen geben den Ausdruck

$$t_\varphi = -12°,97 + 48°,96 \cos^2\varphi.$$

Man kann hier den Einwurf machen, daß namentlich Abushehr eine Hitze habe, welche durch das umliegende dürre Land zu einem hohen Grade gesteigert werde, jedoch ist dieses der vorherrschende Charakter des ganzen Plateaus von Iran, wo bis zu dem Gebirgszuge am südlichen Rande des caspischen Meeres Wälder fast unbekannt sind. Durch die Trockenheit der Atmosphäre muß die Wärme in niederen Breiten eben so sehr gesteigert werden, als sie

14) Edinb. Journ. of Sc. N. S. IV, 310 u. 317.
15) Humboldt l. l. S. 20.
16) Kotzebue Reise I, 155 u. 157.
17) Annähernd aufs Niveau des Meeres reducirt.

in höheren Breiten durch die Begünstigung der Wärmestrahlung in den Winternächten deprimirt wird. Daher glaube ich, daß Abushehr sehr gut als Repräsentant des Klimas jener Gegenden dienen kann.

In der Länge von etwa 90° können uns Calcutta und Barnaul zur annähernden Bestimmung der Temperatur dienen:

Calcutta $\varphi = 22^\circ\ 35'$, $t = 26^\circ,27$
Barnaul [18]) $\varphi = 53.\ 20$, $t = 2,00$

Beide geben den Ausdruck

$$t_\varphi = -15^\circ,45 + 48^\circ,94 \cos^2\varphi.$$

Endlich dienen folgende Orte an der Ostküste Asiens zur annähernden Bestimmung der Temperatur:

		Beobachtet	Berechnet	Unterschied
Aequator	0° 0′	27°,50	28°,02	+0°,52
Manilla	14. 36	25,60	25,68	+0,08
Macao	22. 10	23,30	22,77	—0,53
Canton	23. 8	23,97	22,34	—1,63
Nangasaki	32. 45	16,01	17,26	+1,25
Peking	39. 54	12,55	12,88	+0,33

Diese Messungen geben den Ausdruck

$$t_\varphi = -8^\circ,75 + 36^\circ,77 \cos^2\varphi.$$

Wir erhalten demnach für das Innere und die Ostküste des alten Continentes folgende Punkte, durch welche die einzelnen Isothermen gehen:

Isotherme von	Länge 55° O	Länge 90° O	Ostküste
24°	28° 20′ N	19° 18′ N	16° 39′ N
20	34. 51	31. 40	27. 50
15	40. 55	37. 56	36. 31
10	47. 37	43. 51	44. 26
5	52. 43	49. 44	52. 18
0	59. 2	55. 22	60. 48
— 5	66. 12	62. 29	

18) Annähernd aufs Niveau des Meeres reducirt.

Stellen wir demnach die Gesetze zusammen, zu denen wir durch die vorhergehenden Untersuchungen geführt sind, so erhalten wir für die Temperatur der nördlichen Halbkugel folgende Resultate:

1) An den Küsten der größeren Continente beträgt die mittlere Wärme des Aequators 27°,74; im Innern großer Continente scheint die Wärme etwas größer zu seyn, indem sie im Innern Africa's bis zu 29°,2 steigt, während die Messungen in der Südsee darauf zu deuten scheinen, daß die Temperatur mitten im großen Ocean etwas geringer sey. Die Isothermen fallen also nicht, wie Humboldt glaubt, in niederen Breiten mit den Parallelkreisen zusammen: ein Resultat, zu welchem früher auch schon Brewster gekommen war [19].

2) Die Isotherme von 25° durchschneidet die Westküste America's nördlich von Acapulco, hebt sich schnell gegen Norden, geht durch die Insel Cuba, senkt sich sodann nach Süden und erreicht die Westküste Africa's nördlich von den Inseln des grünen Vorgebirges, hebt sich sodann gegen Norden, geht durch Fezzan nach Abushehr, hierauf nördlich von Benares fort nach Calcutta und durchschneidet die Ostküste Asiens westlich von der Insel Luçon.

3) Die Isotherme von 20° geht mitten durch Californien, hebt sich schnell gegen Norden, erreicht in der Nähe von Charlestown die Ostküste America's, die Westküste des alten Continentes zwischen den canarischen Inseln und Madera, hebt sich darauf etwas gegen Norden, läuft zwischen Creta und der ägyptischen Küste fort, geht in der Nähe von Bagdad vorbei und erreicht die Ostküste Asiens westlich von den Ludschu-Inseln in der chinesischen Provinz Tsche-kiang.

4) Die Isotherme von 15° durchschneidet die Westküste America's in Neu-Californien nördlich von der Mission San Carlos de Monterey, läuft von hier ziemlich gerade nach Osten, hebt sich dann ein wenig nach Norden und geht durch den südlichen Theil der Chesapeak-Bai; von hier steigt sie gegen

19) Edinb. Journ. of Sc. N. S. IV, 315.

die Azoren und erreicht die Westküste Europa's an der Gränze von Spanien und Portugal, läuft in der Nähe von Rom vorbei, scheint mitten durch das caspische Meer zu gehen, sich dann gegen Süden zu senken und erreicht die Ostküste Asiens in der nördlichen Hälfte der Insel Niphon.

5) Die Isotherme von 10° durchschneidet die Westküste America's in Neu-Albion südlich von der Mündung des Columbiaflusses, senkt sich von hier nach Süden, geht südlich vom Michigan-See fort durch die Gebiete Illinois, Indiana und Ohio und erreicht die Küste des atlantischen Meeres in der Nähe von Neu-York. Von hier hebt sie sich gegen Norden und hat in der Nähe von London ihren convexen Scheitel; sodann senkt sie sich gegen Deutschland, läuft in der Nähe von Frankfurt und Wien fort, scheint südlich von Astrachan fortzulaufen, hierauf in der Wüste Schamo ihren concaven Scheitel zu erreichen, sich endlich gegen die Ostküste Asiens wieder zu heben und mitten durch die Kette der Kurilen zu gehen.

6) Die Isotherme von 5° scheint durch Königin-Charlotte-Insel zu gehen, um sich von hier gegen Süden zu senken, läuft durch den nördlichen Theil des Michigan- und Huronen-Sees und erreicht die Ostküste America's in der Nähe von Halifax; von hier hebt sie sich schnell nach Norden und erreicht die Westküste Norwegens in der Nähe von Drontheim; senkt sich von hier schnell nach Süden, läuft in der Nähe von Stockholm, Riga und Moscau vorbei, scheint sodann nördlich von Orenburg fortzugehen, in der Nähe von Kiachta ihren concaven Scheitel zu erreichen, sich von hier gegen die Küste des großen Oceans zu heben und diese im südlichen Theile von Kamtschatka zu erreichen.

7) Die Isotherme von 0° scheint die Westküste America's zwischen dem Norton-Sunde und der Bristolbai nördlich von der Halbinsel Alaschka zu durchschneiden, senkt sich schnell nach Süden, läuft zwischen dem oberen See und der Hudsonsbai fort, und erreicht die Ostküste von Labrador an ihrem östlichen Vorsprunge nördlich von Neu-Fundland. Von hier hebt sie sich gegen Norden, geht durch Island

und erreicht ihren convexen Scheitel im nördlichen Theile von Norwegen. Von hier senkt sie sich schnell nach Süden, läuft zwischen Uleaborg und dem weißen Meere fort, sodann nördlich von Wjätka und Perm, senkt sich noch weiter östlich nach Süden, indem sie nördlich von Barnaul fortläuft, und scheint sich später sehr gegen die Ostküste Asiens zu heben und diese im nördlichen Theile von Kamtschatka zu erreichen.

8) Die Isotherme von — 5° scheint nördlich von der Berings-straße durch das nördliche Eismeer in einer Breite von 76° zu gehen; darauf senkt sie sich schnell nach Süden, geht durch den Sklaven-See, südlich vom Fort Churchill in die Hudsonsbai, scheint sich hier wieder nach Norden zu heben, in etwa 59° nördlicher Breite die Ostküste America's zu erreichen und in der Nähe von Spitzbergen ihren größten Abstand vom Aequator zu haben, worauf sie sich schnell gegen Süden senkt, zwischen Nowaja Semlia und dem weißen Meere die Nordküste des Festlandes erreicht, sich noch immer tiefer senkt, späterhin sich aber wieder hebt, zwischen den Mündungen der Indigerka und Kolyma die Küste des Eismeeres wieder erreicht, um sich mit dem zuerst gedachten Arme zu verbinden.

Die Gestalt der bisher betrachteten Isothermen habe ich auf der ersten Tafel mit ausgezogenen Linien angegeben. Es ist nun die Frage, wie groß die Temperatur des Nordpoles sey. Da noch kein Schiffer über den 82sten Grad der Breite gekommen ist, so lassen sich über diesen Punkt nur Hypothesen aufstellen. Mayer glaubte, diese Temperatur betrage 0°, und eben dieses geben die Formeln von d'Aubuisson, diese Größe ist jedoch jedenfalls zu klein, da wir schon in Island und auf Mageröe dieselbe finden; die Formel von Kirwan giebt — 0°,5, die von Schmidt — 3°,46; Brewster bestimmte sie zu — 11°,7 (11° F.)[20]). Ausführlicher hat Arago diesen Gegenstand untersucht[21]). Er unterscheidet zwei Fälle: entweder erstreckt sich das Festland oder

20) Edinb. Journ. of Sc. N. S. IV, 316.

21) Ann. de chimie XXVII, 434.

das Meer bis zum Pole. Für den ersteren Fall legt er die Bestimmungen zu Cumberland-House, Nain, Fort Enterprise, Winter-Insel, Igloolik-Insel und Melville's-Insel zum Grunde; eine daraus hergeleitete Formel, die er nicht mittheilt, giebt für den Pol eine Temperatur von etwa — 52° C, während wir oben bei Anwendung der Beobachtungen im Innern von Nordamerica — 21°,32 fanden. Sodann wendet er die Messungen zu Christiania, Edinburgh, Eyafiord und einige annähernde Bestimmungen auf dem grönländischen Meere an; erstreckte sich das Meer bis zum Pole, so würde dessen mittlere Temperatur — 18° seyn, und Arago nimmt daher als Mittel beider Bestimmungen — 25° an.

Wir haben im Obigen mehrere Beispiele gefunden, welche zeigen, wie wenig man diesen Interpolationsformeln trauen dürfe, wenn man weit über die Gegend hinausgeht, für welche sie entwickelt worden sind. Die Schiffer haben nun fast übereinstimmend gefunden, daß im hohen Norden auf dem offenen Meere Ströme vorhanden sind, welche eine Richtung gegen den Pol haben; die neueren Untersuchungen von Wrangel an der Küste Sibiriens, die Reisen von Parry und andere Umstände machen es sehr wahrscheinlich, daß wir am Pole Wasser, oder sein Analogon Eis, finden. Suchen wir daher zuerst die Temperatur des Poles unter der Voraussetzung auf, daß das Meer sich bis zu ihm erstrecke, so geben uns die obigen Ausdrücke folgende Größen:

Schottland und Island	— 8°,35
Westküste von America	— 7,38
Ostküste von Asien	— 8,75
	— 8,16

Die Größen stimmen so gut überein, als man es bei Untersuchungen dieser Art verlangen kann, und es scheint darnach die mittlere Wärme des Poles etwas unter — 8° zu seyn. Die Messungen an der Ostküste von America würden uns — 16°,15 gegeben haben; doch habe ich diese Bestimmung ausgeschlossen, weil nördlich von den Punkten noch Grönland liegt, und weil die Luft durch die Polarströme aus dem nördlichen Theile von Baffins-Bai bedeutend erkaltet wird.

Diese Größe, welche wir für den Pol gegeben haben, ist bedeutend geringer als die Temperatur derjenigen Orte, an denen Franklin und Parry ihre Beobachtungen anstellten. Zeichnen wir jedoch die Isothermen auf eine Charte, welche die Länder um den Nordpol vorstellt, so deutet die Biegung derer von 5°, 0° und — 5°, für welche wir noch mehrere directe Messungen besitzen, daß sie im nördlichen Theile beider Continente in sich selbst zurücklaufende Linien sind. Ich habe es versucht, auf Tafel II diese Linien darzustellen; darnach würde ein kältester Punkt, den Brewster Kältepol nennt, nördlich von Barrows-Straße liegen und eine Temperatur von etwa — 20° bis — 25° haben; ein zweiter Punkt würde nahe mit dem Vorgebirge Severowostochnoi (Taimura) zusammenfallen und seine Wärme etwa — 15° bis — 20° seyn [22]).

Die Ursache dieser merkwürdigen Differenz wird durch die Meeresströme und durch die Wärme des Wasserdampfes bedingt. Ehe ich daher die Wärme der Luft weiter verfolge und namentlich die Temperatur der südlichen Halbkugel näher betrachte, scheint

22) Als ich das Obige niederschrieb, kannte ich die Abhandlung Brewster's kaum mehr als dem Namen nach; die Biegung der Isothermen in der Nähe des Nordpoles machte es mir sehr wahrscheinlich, daß seine Ansicht die naturgemäße sey. Erst während des Druckes dieser Zeilen erhielt ich das 8te Heft der neuen Reihe des Edinburgh Journal of Science (Aprilheft 1831), worin Brewster seinen vor 11 Jahren in der königl. Societät vorgelesenen Aufsatz mittheilt. Er glaubt, daß sich die Temperatur des westlichen Europa am einfachsten durch einen Ausdruck darstellen lasse, welcher blos den Cosinus der Breite enthält, es ist nämlich in Graden des Fahrenheit'schen Thermometers $T = 81\frac{1}{2}$ cos. Lat. Er glaubt ferner, daß die beiden Kältepole in etwa 80° N und 95° O und 100° W von Greenwich liegen; der americanische etwa 5° nördlich von Graham-Moore's-Bai im Polarmeere, der asiatische nördlich von der Taimura-Bai nahe am Nordost-Cap. Bezeichnet nun D den sphärischen Abstand eines Punktes von dem Kältepole, so wird seine Temperatur in Graden des Fahrenheit'schen Thermometers

$$T = 86°,3 \sin D - 3\tfrac{2}{3}°$$

wenn er in dem americanischen Pole zunächst liegt; dagegen

$$T = 81°,8 \sin D + 1°$$

wenn er dem asiatischen Pole näher liegt. Darnach beträgt also die mittlere Temperatur des americanischen Poles — 19°,7; die des asiatischen — 17°,2.

es mir zweckmäßig, die Wärme des Meerwassers anzugeben, weil auch diese es wahrscheinlich macht, daß wir zwei solche Kältepole im Innern des Festlandes annehmen müssen.

Das Wasser der großen Oceane wird durch die Passate regelmäßig nach Westen getrieben und später von den Westwinden nach höheren Breiten geführt. Indem auf diese Art das Wasser sich gegen die Pole bewegt, muß es aus höheren Breiten wieder ersetzt werden. Da das kalte Wasser eine geringere Dichtigkeit hat, so wird es den Gesetzen der Hydrostatik gemäß sich in der Tiefe bewegen und an den Westküsten der Continente zwischen den Wendekreisen die Oberfläche erreichen. Diese Polarströme sind Ursache, daß das Wasser in der Tiefe eine geringere Temperatur hat, als an der Oberfläche. Alle Seefahrer, welche hierüber Versuche angestellt haben, fanden eine mit der Tiefe schnell abnehmende Wärme. Namentlich machte Péron auf diesen Umstand aufmerksam [23]), und in der Folge hat Horner den Gegenstand mehrmals untersucht [24]). Kotzebue stellte hierüber eine schätzbare Reihe von Beobachtungen an, welche, von Horner untersucht, zwar noch keine scharfen numerischen Resultate geliefert haben, diese Temperaturabnahme aber bestimmt zeigen. Folgende Tafel enthält die Resultate einiger Versuche von Kotzebue in dem großen Oceane, wie sie Horner zusammengestellt hat:

Monat	Oberfläche	30 Faden	100 F.	200 F.	300 F.	400 F.	Breite	Länge
April	26°,3	....	21°,5	12°,4	...	...	18° S	125° W
April	26,8	....	22,3	13,5	...	...	15 S	134
Mai	28,2	....	16,9	...	...	...	1 N	177
Novbr.	30,6	....	13,4	...	...	...	9 N	204
——	28,7	17,6	...	...	...	...	12 N	210
Decbr.	27,6	16,0	...	...	..	...	16 N	240
——	27,1	20,8	...	...	...	...	18 N	224
Sept.	25,1	....	16,2	11,0	...	...	28 N	152
Jun.	23,4	....	16,9	...	11,8	...	29 N	199
Sept.	22,5	....	11,6	8,8	6,7	6,0	36 N	147
Jun.	16,2	....	11,6	...	6,2	...	37 N	199

Alle Versuche beweisen diese Abnahme der Temperatur mit der Tiefe, jedoch macht Horner schon auf die Abhängigkeit von der Breite aufmerksam. Nehmen wir nämlich die Aenderung der Tem-

23) Péron Voyage II, 327.

24) Krusenstern Reise III, 131. Kotzebue Reise II, 233.

Temperatur für eine Tiefe von 100 Faden, wo die meisten Messungen angestellt sind, so erhalten wir

in 18°	S	4°,8
15		4,5
1	N	11,3
9	N	17,2
28½	N	7,7
36½	N	7,7

also eine weit schnellere Abnahme am Aequator als in höheren Breiten. Dasselbe zeigen die von Horner zusammengestellten Messungen Kotzebue's im atlantischen Meere. Eben so fand Roß eine geringe Abnahme der Temperatur mit der Tiefe in der Baffinsbai [25]). In einem Falle betrug die Wärme in 100 Faden Tiefe — 1,1, in 200 Faden — 1°,7, in 400 Faden — 2°,2, und in 660 Faden — 3°,6 [26]). Obgleich hier die Temperatur an der Oberfläche nicht angegeben ist, so ist die Aenderung von 100 bis 200 Faden doch weit geringer als in niederen Breiten; ja es scheint sogar aus den Versuchen von Scoresby zu folgen, daß im grönländischen Meere die Wärme mit der Tiefe zunehme [27]).

Horner ist geneigt, die ungleich schnelle Abnahme der Temperatur darin zu suchen, daß die senkrechten Strahlen der Sonne zwischen den Wendekreisen das Wasser auf eine größere Tiefe durchdringen, als in Breiten, in denen die Sonne nie im Zenith steht. Mir scheint es wahrscheinlicher, daß die Polarströme in mittleren Breiten eine größere Tiefe haben, als am Aequator, wo sie endlich die Oberfläche erreichen.

Obgleich die weitere Verfolgung dieses Gegenstandes nicht hieher, sondern mehr in eine specielle Naturgeschichte des Meeres gehört, so war es nöthig denselben zu erwähnen, weil wir uns daraus manche Anomalieen in der Temperatur des Meeres an der Oberfläche zu erklären im Stande sind. Treffen die Polarströme auf ihrem Wege sehr bedeutende Bänke, dann werden sie näher

25) Ross Entdeckungsreise S. 109.

26) l. l. S. 121.

27) Scoresby Reise S. 257.

an die Oberfläche geführt, und indem sie sich mit den superficiellen Schichten mischen, so wird die Temperatur deprimirt. Seitdem namentlich Franklin den Gebrauch des Thermometers in der Schifffahrt empfahl, haben sich sehr viele Reisende von der Brauchbarkeit dieses Instrumentes bei der Erkennung weit ausgedehnter Sandbänke überzeugt. Wollen wir daher die mittlere Temperatur des Meeres an der Oberfläche kennen lernen, so müssen wir diejenigen Messungen ausschließen, die in der Nähe von Sandbänken angestellt sind. Bei Neu-Fundland hat das Wasser wegen der großen Sandbank im Norden eine sehr geringe, am südlichen Rande wegen des Golfstromes eine sehr hohe Temperatur, und hierin haben wir einen neuen Grund für die sehr schnelle Abnahme der Wärme in jenen Gegenden.

Die Temperatur des Wassers ändert sich an der Oberfläche im Laufe des Tages sehr wenig, und nur zur Zeit von Windstillen wird diese Aenderung auffallender [28]), erreicht aber im Durchschnitte noch nicht die Größe von einem Grade. Daß jedoch eine solche Abhängigkeit von den Tageszeiten vorhanden sey, geht aus den Messungen von J. Davy [29]), Martius [30]) und Péron [31]) hervor. Nach Davy findet das Minimum der Temperatur zur Zeit des Sonnenaufganges, das Maximum etwa um 3 Uhr Abends Statt. Jedoch können wir die vorhandenen Messungen als der mittleren Temperatur des Tages entsprechend annehmen, indem sich selbst eine Beobachtung zur Zeit der größten oder kleinsten Wärme kaum um $\frac{1}{2}{}^{\circ}$ vom Mittel entfernt.

Wichtiger ist die Abhängigkeit der Temperatur von den Jahreszeiten. Die Größen, welche mehrere Beobachter in verschiedenen Zeiten an wenig entfernten Stellen gefunden haben, zeigen oft sehr bedeutende Differenzen. Um diese Abhängigkeit und die bei jeder Beobachtung erforderliche Correction zu finden, würden sehr viele Messungen in verschiedenen Jahreszeiten erforderlich seyn. Um die einzelnen Beobachtungen einigermaßen auf die mittlere Temperatur zu reduciren, habe ich nahe in derselben

28) Humboldt Voyage II, 91.

29) Phil. Trans. 1817. p. 284.

30) Spix u. Martius Reise I, 75.

31) Péron Voyage I, 75.

te die Aufzeichnungen von verschiedenen Reisenden nach den
iaten zusammengestellt; dadurch erhielt ich folgende Größen,
je zu den Messungen in den einzelnen Monaten addirt oder
in subtrahirt werden müssen, wenn man die mittlere jährliche
me daraus ableiten will:

Januar	+ 1°,9	Julius	— 2°,2
Februar	+ 2,2	August	— 3,1
März	+ 2,4	Septbr.	— 2,9
April	+ 1,9	Octbr.	— 1,6
Mai	+ 0,7	Novbr.	+ 0,3
Junius.	— 0,8	Decbr.	+ 1,3

scheint demnach, als ob das Meer seine geringste Wärme in der
en Hälfte des März, seine größte am Ende Augusts habe,
steigt die Differenz zwischen den Extremen kaum bis zu 6°.

Weit unbedeutender sind die Aenderungen zwischen den Wende-
sen, indem dort die größte Correction kaum einen Grad er-
bt, und da wir hier Messungen zu allen Jahreszeiten besitzen,
st es am zweckmäßigsten, diese nach den Monaten zu ordnen
aus ihnen das Mittel zu nehmen, da die Differenzen, welche
zwischen den Messungen in verschiedenen Jahreszeiten finden,
ganz regelmäßiges Gesetz zeigen.

Reisende, welche aus einer Halbkugel der Erde in die andere
rgegangen sind, haben eine Region des heißesten Wassers an-
roffen. Dieses Maximum der Temperatur fanden Churruca
Rodmann im atlantischen Meere im October in 6° N,
gegen Lamarche zu derselben Zeit in 9° 57′ N; im März
d es Quevedo in 2° 1′ S, dagegen J. Davy auf seiner
ise nach Ceylon in 4° 2′ N; im April traf es Perrins in
15′ N; im Mai fand es Kotzebue in 3° 6′ N, dagegen
ivy auf seiner Rückreise nach England zwischen 1° 24′ und
13′ N, also etwa in 2° 48′ N; im Junius fand es Aber-
ombie in 8° 55′ N. Diese Größen zeigen hinreichend, daß
se Lage von den Jahreszeiten abhängt, und eine ähnliche Ver-
kung scheinen auch die Aufzeichnungen im großen Oceane und
indischen Meere zu beweisen.

Für die Temperatur des heißesten Wassers in diesen Regio-
fanden Churruca 28°,7, Perrins 28°,2, Rodmann

28°,8, Quevedo 28°,6, Lamarche 29°,1, Humboldt 29°,3, Davy 27°,7 und 27°,9 im atlantischen und 27°,6 im indischen Meere, Kotzebue 29°,1 im indischen und 29°,2 im atlantischen Meere, Abercrombie 28°,6; als Mittel erhalten wir also 26°,6. Humboldt scheint diese Größe als die mittlere Temperatur der Oberfläche des Meeres am Aequator anzusehen; nachdem er nämlich außer seinen eigenen Messungen noch die von Churruca, Perrins, Quevedo und Rodmann mitgetheilt hat, fährt er fort: das Maximum der Temperatur der Meere, welches 28 bis 29° beträgt, beweist mehr als jede andere Betrachtung, daß der Ocean im Allgemeinen etwas wärmer ist, als die Atmosphäre, mit welcher er unmittelbar in Berührung steht und deren mittlere Temperatur am Aequator etwa 26° bis 27° erreicht. Es ist kein vollkommenes Gleichgewicht zwischen beiden Elementen möglich, theils weil die Winde Luft vom Aequator zu den Polen führen, theils weil in Folge der Verdunstung Wärme absorbirt wird [32]). Jedenfalls sind die angegebenen Größen nur Extreme und die vorhandenen Messungen machen es wahrscheinlich, daß die mittlere Temperatur des Wassers am Aequator wenigstens nicht größer ist, als diejenige, welche oben für die Temperatur der Luft in den Küstengegenden gegeben wurde.

Auf die Temperatur in höheren Breiten haben die Meeresströmungen einen sehr bedeutenden Einfluß; dieses ist namentlich mit dem Golfstrome der Fall, und Angaben in diesem müssen ausgeschlossen werden, wenn wir die mittlere Temperatur im atlantischen Meere in verschiedenen Breiten kennen lernen wollen. Wie sehr die Temperatur durch Ströme geändert werde, davon erzählt Kotzebue ein Beispiel. Am 1sten und 2ten April traf derselbe in 34° N und 194° W einen sehr starken Strom, welcher das Schiff 36 Meilen nach SW, am 2ten 37 Meilen nach SO trieb, dabei kam eine hohe See aus Süden, welche die Gewalt des Stromes, der noch mehrere Tage fortdauerte und sich durch grüne Farbe des Wassers auszeichnete, bedeutend minderte [33]). Wie schnell aber die Temperatur sich dabei änderte, zeigen folgende Messungen:

---

32) Humboldt Voyage II, 86.

33) Kotzebue Reise II, 98.

April 1 in	34° 24′N,	Temp.	16°,2
2	34. 3		14,0
7	40. 22		8,5
8	41. 22		6,4

also bei einem Breitenunterschiede von 7° sank die Temperatur um 10°. Daß diese starke Temperaturabnahme ihren Grund in dem erwähnten Strome habe, geht wohl am besten daraus hervor, daß Bayly im Mai in einer 20° höhern Breite eine Temperatur von 5° und Kotzebue eben daselbst im September 8°,5 beobachtete.

Ganz vorzüglich wirksam auf die Depression der Wärme ist die Nähe von Eismassen. So fand Franklin im Julius in 58° N und 48° W in der Nähe einer Eismasse eine Temperatur von 4°,2, in der Entfernung einer halben Seemeile 5°,0; bei einer andern Beobachtung betrug die Wärme zwischen dem Eise 1°,7, am Rande der Eismassen 3°,3, und in der Entfernung von zwei Seemeilen 5°,3 [34]). Hieraus und aus den Strömungen müssen wir es uns erklären, wie Irwing in der Breite von 75° N im September eine Temperatur von 12°,7 erhielt, während Roß im October in 63° 53′ N nur 0°, Scoresby im August in 71° 24′ ebenfalls 0° fand. Eine völlig ähnliche Anomalie fand Forster in der südlichen Halbkugel, denn im December betrug die Wärme in 55° S — 0°,9 und stieg im Januar in 40° S bis 2°,7, also 2°,7 höher als die Größe, welche Roß im Mai in derselben nördlichen Breite erhalten hatte.

Da nur eine verhältnißmäßige geringe Zahl von Reisenden ihre Beobachtungen mitgetheilt haben, so sind wir noch nicht im Stande alle Anomalieen dieser Art zu entfernen, und die in folgender Tafel gegebenen Größen sind nur als Annäherung an die Wahrheit anzusehen. Die Hülfsmittel, welche ich bei Construction dieser Tafeln anwendete, sind folgende:

Horner in Krusenstern's Reise Band III. S. 240, daselbst sind auch die Messungen von Forster, Irwing, Bayly mitgetheilt.

Humboldt, Voyage II, 76, theilt außer seinen Messungen auch einige von Churruca, Rodmann und Quevedo mit, welche ich nur aus diesen Mittheilungen benutzen konnte.

---

34) Franklin Narrative p. 10. 11.

Péron. Voyage II, 323.
Kotzebue Reise, an verschiedenen Stellen.
J. Davy in Phil. Trans. 1817. p. 285, und in Edinb. Journal o
Sc. I, 120. und II, 246.
Abercrombie in Phil. Trans. 1778. p. 389.
Lamarche in Gilbert's Annalen LXVI, 159.
Spix und Martius Reise nach Brasilien, an verschiedenen
Stellen.
Ross Entdeckungsreise.
Scoresby Reise auf den Wallfischfang.
Sabine in Schweigger's Jahrbuch N. R. XXI, 377.
Perrins in Nicholson's Journal 1804. p. 131.

Stellen wir die Messungen in der nördlichen Halbkugel sowohl im atlantischen Meere als in dem großen Ocean von 3 zu 3 Breitengraden zusammen, so erhalten wir folgende mittlere Temperaturen der nördlichen Halbkugel:

	Atlantisches Meer			Großer Ocean		
Breite	Beob.	Ber.	Untersch.	Beob.	Ber.	Untersch.
0°	25°,93	26°,39	+ 0°,46	27°,60	28°,67	+ 1°,07
3° N	26,16	26,32	+ 0,16	.....		
6	27,37	26,13	— 1,24	.....		
9	25,84	25,81	— 0,03	27,72	27,88	+ 0,16
12	25,50	25,37	— 0,13	27,02	27,28	+ 0,26
15	24,21	24,82	+ 0,61	26,46	26,51	+ 0,05
18	23,35	24,15	+ 0,80	25,71	25,60	— 0,11
21	22,70	23,37	+ 0,67	24,95	24,54	— 0,41
24	22,39	22,50	+ 0,11	22,97	23,35	+ 0,38
27	21,61	21,55	— 0,06	23,44	22,05	— 0,39
30	21,51	20,52	— 0,99	21,72	20,63	— 1,09
33	20,50	19,42	— 1,08	19,51	19,12	— 0,39
36	18,99	18,28	— 0,71	17,48	17,55	+ 0,07
39	17,25	17,09	— 0,16	16,10	15,92	— 0,18
42	15,15	15,88	+ 0,73	13,44	14,02	+ 0,58
45	13,93	14,65	+ 0,72	10,69	12,26	+ 1,57
48	14,02	13,88	— 0,14	11,93	10,50	— 1,43
51	......	11,59	.....	6,40	8,29	+ 1,89
54	10,50	9,36	— 1,14	4,43	6,52	+ 2,09
57	......	7,20	.....	4,38	4,80	+ 0,42
60	9,00	5,14	— 3,86	4,34	3,17	— 1,17
63	0,43	3,20	+ 2,77	2,57	1,63	— 0,94
66	— 3,60	1,40	+ 5,00		0,20	.....
69	......	— 0,24	.....	0,55	— 1,10	— 1,65
72	— 3,65	— 1,70	+ 1,88			
75	— 2,54	— 2,96	— 0,42			
78	— 1,40	— 4,01	— 2,61			
81	— 3,22	— 4,84	— 1,62			

Die obige Tafel zeigt hinreichend, wie wenig genau bis jetzt e Temperatur des Meeres in verschiedenen Breiten bekannt ist, die Zahlen noch viele Anomalieen zeigen. Um diese zum Theil entfernen und das Gesetz der Aenderung mit der Breite besser zu ersehen, will ich denselben Ausdruck anwenden, dessen wir uns i der Temperatur der Luft bedienten; jedoch auch hier zeigen die lessungen im atlantischen Meere, daß wir nicht im Stande sind, en einzigen Ausdruck für die Messungen vom Aequator bis in die ähe des Poles zu entwickeln.

Bei Anwendung der Methode der kleinsten Quadrate erlten wir im atlantischen Meere bis zur Breite von 48° die eichung

$$t_\varphi = 2^\circ,91 + 23^\circ,48 \cos \varphi$$

nördlicher gefundenen Größen geben

$$t_\varphi = -5^\circ,92 + 44^\circ,23 \cos^2 \varphi.$$

n großen Oceane geben die Messungen bis zur Breite von 48°

$$t_\varphi = -3^\circ,52 + 32^\circ,19 \cos^2 \varphi.$$

gegen die Beobachtungen von 42 bis 69°

$$t_\varphi = -5^\circ,60 + 35^\circ,07 \cos^2 \varphi.$$

e nach diesen Ausdrücken berechneten Größen sind schon in der gen Tafel enthalten. In niederen Breiten ist die Temperatur Wassers wenigstens im atlantischen Meere kälter als die Luft er dem Lande, während in höheren Breiten das Gegentheil att findet, und hieraus scheint die ungleiche Temperatur der ntinental- und Küstengegenden in der nördlichen Halbkugel sehr fach zu folgen. Nur im großen Ocean ist die Wärme des Wasss in der Nähe des Aequators höher; die meisten Bestimmun beruhen hier aber auf den Angaben eines einzigen Reisenden ozebue), so daß sich jetzt noch nicht entscheiden läßt, ob der ean in jenen Gegenden eine so hohe Temperatur habe.

Es ist wohl mehr einem bloßen Zufalle zuzuschreiben, daß Temperatur des Poles nach den Messungen in beiden Meeren nahe übereinstimmende Größen giebt; wir finden nämlich

Atlantisches Meer	— 5°,92
Großer Ocean	— 5,60
Mittel	— 5,76

So lange bis zahlreichere Messungen namentlich in höheren Breiten schärfere Thatsachen zur Bestimmung dieser Temperatur darbieten werden, können wir diese Größe als der Wahrheit nahe kommend ansehen; für die Wärme der Luft fanden wir — 8°,16, also einige Grade weniger, und dieses muß auch der Fall seyn, da durch den Austausch der Luftmassen über dem kältern Festlande und dem wärmern Meere die Temperatur der Atmosphäre deprimirt werden muß. Die gefundene Größe für die Temperatur des Oceans macht übrigens die schon vorher erwähnte Biegung der Isothermen in höheren Breiten noch wahrscheinlicher; zugleich aber sehen wir hieraus, wie wenig naturgemäß die Ansicht derjenigen Geographen und Physiker ist, welche am Pole ein offenes Meer erwarten, da bei der angegebenen Temperatur das Wasser gefroren ist.

Um die Temperaturverhältnisse der südlichen Halbkugel zu bestimmen, bleibt uns kaum etwas anders übrig, als die Vergleichung der Temperatur des Meerwassers. Stellen wir hier eben so wie in der nördlichen Halbkugel die mittleren Wärmegrade von 3 zu 3 Breitengraden zusammen, so erhalten wir folgende Größen:

Breite	Atlantisches Meer			Großer Ocean			Indisches Meer		
	Beobachtet	Berechnet	Unterschied	Beobachtet	Berechnet	Unterschied	Beobachtet	Berechnet	Unterschied
0	25°,93	26°,90	+0°,97	27°,60	28°,24	+0°,64	27°,08	27°,10	+0°,02
3	26,28	26,83	+0,57	....	28,14	......	26,89	27,03	+0,14
6	25,87	26,58	+0,71	....	27,84	......	26,54	26,82	+0,28
9	25,69	26,19	+0,50	....	27,38	......	26,62	26,49	—0,13
12	25,23	25,64	+0,41	....	26,63	......	25,56	26,02	+0,26
15	24,16	24,95	+0,79	....	25,75	......	25,76	25,43	—0,32
18	24,06	24,12	+0,06	26,60	24,69	—1,91	24,97	24,72	—0,25
21	24,97	23,16	—1.81	24,40	23,46	—0,94	24,40	23,89	—0,51
24	24,21	22,07	—1,14	23,65	22,09	—1,56	22,65	22,97	+0,31
27	21,49	20,88	—0,61	....	20,56	......	21,42	21,96	+0,54
30	20,20	19,60	—0,60	19,60	18,93	—0,67	21,05	20,86	—0,64
33	19,03	18,24	—0,79	19,00	17,19	—1,81	20,16	19,67	—0,49
36	17,55	16,81	—0,74	14,00	15,53	+1,53	18,18	17,88	—0,30
39	15,45	15,33	—0,12	14,65	13,61	—1,04	......	14,43	.....
42	11,95	13,40	+1,45	12,50	11,71	—0,79	......	12,32	.....
45	11,45	11,58	+0,13	12,50	9,68	—2,82	......	9,79	.....
48	10,70	9,78	—0,92	....	7,64	......	6,60	7,25	+0,65
51	5,31	6,56	+1,25	....	5,62	......	......	4,75	.....
54	....	4,48	.....	— 1,75	3,66	+5,41	— 0,80	2,30	+3,10
57	....	2,46	.....	2,80	1,75	—1,05	— 0,80	— 0,07	+0,73
60	— 1,71	0,54	+2,25	....	— 0,07	......	......	— 2,33	.....
63	0,00	— 1,27	—1,27	— 0,10	— 1,78	—1,68	— 1,40	— 4,46	—3,06
66	— 1,70	— 2,95	—1,25						

Die Messungen im atlantischen Meere zwischen dem Aequator und den Parallelkreisen von 48° geben den Ausdruck

$$t_\varphi = - 2^\circ,31 + 29^\circ,21 \cos^2\varphi$$

die südlich von 42° angestellten geben

$$t_\varphi = - 9^\circ,78 + 41^\circ,27 \cos^2\varphi.$$

Im großen Oceane geben die Messungen zwischen dem Aequator und der Breite von 39° den Ausdruck

$$t_\varphi = - 9^\circ,02 + 37^\circ,26 \cos^2\varphi$$

die südlich von 36° erhaltenen Größen geben

$$t_\varphi = - 9^\circ,81 + 38^\circ,97 \cos^2\varphi.$$

Endlich erhalten wir im indischen Meere bis zur Breite von 36°

$$t_\varphi = 2^\circ,16 + 24^\circ,94 \cos^2\varphi$$

von 33° bis zum Pole

$$t_\varphi = - 14^\circ,45 + 48^\circ,48 \cos^2\varphi.$$

Die Temperatur des Aequators beträgt nach den für beide Halbkugeln gegebenen Ausdrücken

Atlantisches Meer	26°,64
Indisches Meer	27,10
Großer Ocean	28,46
Mittel	27,40

Das Mittel 27°,40 ist etwas kleiner als die Temperatur der Luft an den Küsten; da die Temperatur des Aequators im indischen und atlantischen Meere durch eine weit größere Menge von Beobachtungen bestimmt ist, als im großen Oceane, so ist vielleicht dieses Mittel noch etwas zu groß.

Für die Temperatur des Südpoles erhalten wir

Atlantisches Meer	— 9°,78
Großer Ocean	— 9,81
Indisches Meer	— 14,45
Mittel	— 11,35

Diese Temperatur ist 5°,6 geringer als diejenige, welche oben für den Nordpol angegeben wurde.

Die geringere Temperatur der südlichen Halbkugel ist schon seit langer Zeit bekannt, und es sind mancherlei Hypothesen über die Ursache derselben aufgestellt worden. Aber schon le Gentil bemerkte, daß die Temperatur dieser Hemisphäre bis zum 40sten Grade der Breite mit der der nördlichen übereinstimme, und daß sich diese Temperaturabnahme erst in den höheren Breiten zeige[35]). Zu demselben Resultate kamen in der Folge Kirwan[36]) und Humboldt[37]), aber Kirwan fügt ausdrücklich hinzu, daß man daraus, daß die Reisenden hier sehr kalte Sommer erlebten, nicht auf eben so kalte Winter schließen dürfe, da die große Wassermasse eine gelinde Wintertemperatur erwarten lasse. Die südlichste Gegend, in welcher meteorologische Beobachtungen gemacht wurden, sind die Falkland's-Inseln in $51\frac{1}{2}^{\circ}$ südlicher Breite, hier beträgt die mittlere Temperatur $8^{\circ},6$, ungefähr eben so viel als an der Westküste America's in derselben nördlichen Breite, aber weit mehr als die Wärme der Ostküste America's.

Die einzigen Quellen, aus denen wir lange Zeit unsere Kenntnisse über die Temperatur jener Gegenden entlehnten, waren die Berichte von Cook's zweiter Reise; das Eis verstattete ihm kaum über den Polarkreis zu dringen, aber in neueren Zeiten fand Weddell noch in 74° südlicher Breite ein offenes Meer, auf dem er nur einzelne Eismassen entdeckte. Und überhaupt scheinen die herrschenden Vorstellungen von der geringen Temperatur der südlichen Halbkugel wohl etwas übertrieben; ja mehrere von den Reisenden angeführte Thatsachen, die man zu weit ausgedehnt hat, scheinen mir Berichtigung zu verdienen. So erzählt J. R. Forster: „Die Gebirge der Insel Neu-Georgia sind mitten im Sommer mit Schnee beladen, der sich bis an den Meeresstrand herab erstreckt. Nur auf Landspitzen, wo die Sonne noch einigermaßen wirken kann, schmilzt endlich jene Winterdecke und läßt den schwarzen Felsen völlig entblößt zurück. Wir fanden an unserm Landungsplatze nur zwei Pflanzenarten: nämlich das Hakenkraut (Ancistrum decumbens Forst.) und eine Art des Knauel-

35) le Gentil Voyages I, 73.
36) Kirwan über die Temperatur verschiedener Breiten S. 165.
37) Humboldt Voyage II,69.

grases (Dactilis caespitosa)" [38]). Freilich ein eigenes Klima in 54°½ südlicher Breite, welches nur zwei Pflanzen erzeugen soll, aber Cook's Schilderung von dieser Insel zeigt, daß Glätscher sich von den in die Wolken ragenden Gebirgen bis an die Küste des Meeres erstreckten [39]); da jedoch die Expedition Cook's nur kurze Zeit am Lande war, so konnte unmöglich, wie Schouw bemerkt [40]), die ganze Flora der Insel untersucht werden. Auch erwähnt der Capitän ausdrücklich noch „einer Pflanze, die wie Moos aussah" [41]); Weddell sagt, das Gras wachse in Büschen bis zu zwei Fuß Höhe [42]) und er habe allerlei Gemüse gefunden, welches zwar einen bittern Geschmack hatte, aber kräftig gegen den Scharbock wirkte [43]). Selbst mehrere Grade südlicher zeigt Neu-Süd-Shetland (zwischen 61° und 63°) noch ein Gras nebst einem Moose, das dem isländischen ähnlich ist [44]).

Eben so abschreckend lautet die Schilderung, welche J. R. Forster vom Feuerlande macht: „Die westliche Küste des Feuerlandes ist ein nacktes und ödes Felsengebirge, mit schneebedeckten Gipfeln. In einem großen Hafen desselben, nordwestwärts vom Cap Horn, wo wir einige Tage zubrachten [45]), fand man nirgends eine Spur des Pflanzenreichs, ausgenommen auf etlichen flachen, felsigen Holmen, die mit einem sumpfigen, moosartigen Wasen bedeckt waren und in den niedrigsten Thälern oder Bergklüften ein kleines Gesträuch, darunter nur selten ein Baum war, aufzuweisen hatten" [46]). Dagegen erwähnt Cook einen großen Reichthum von Pflanzen nebst Wäldern [47]). Wollen wir hier dem Urtheile des Naturforschers auch ein größeres Gewicht geben, so müssen wir annehmen, daß Forster das Unglück gehabt habe,

---

38) J. R. Forster Bemerkungen S. 146.
39) Cook Second Voyage II, 213.
40) Schouw Pflanzengeogr. S. 393.
41) Cook l. l.
42) Weddell Reise S. 39.
43) Ebend. S. 37.
44) Ebend. S. 81.
45) Es war Christmas-Sound in 55° 27′ S u. 70° 16 W. Cook Sec. Voy. II, 185.
46) Forster Bemerkungen S. 145.
47) Cook Second Voyage II, 187.

nach einer Gegend zu kommen, wo keine Pflanzen vorhanden waren; denn noch etwas südlicher, in der St. Franciscus-Bai (55° 54′ S, 67° 30′ W) konnte Weddell Bäume zu Brettern sägen lassen [48]). Weit glücklicher war der aufmerksame Banks in der St. Vincents-Bai neben der Straße le Maire (nahe 55° S); denn in Zeit von vier Stunden fand er mehr als 100 neue Pflanzen, daneben treffliches Gras und viel gutes Holz. Die Birken (Betula antarctica), aus denen die Wälder meistens bestanden, hatten einen Stamm von 30 bis 40 Fuß Länge und 2 bis 3 Fuß Dicke [49]). Buchen (Fagus antarctica), die an der Straße le Maire gefunden wurden, könnten eben so wie die Birken zu Zimmerholz dienen [50]). Und doch scheinen wir annehmen zu müssen, daß hier an der Küste die Bäume nicht einmal gehörig ausgewachsen waren; denn nur einen Grad nördlicher fand Byron am Hungerhafen (Port Famine, 53° 44′ S) in der Magellans-Straße die schönsten Bäume, die er jemals gesehen hatte, so daß er überzeugt war, daß man aus dieser Gegend die ganze brittische Marine mit den besten Masten der Welt versehen könnte. Einige Bäume waren sehr hoch und hatten mehr als 8 Fuß im Durchmesser; in den Wäldern fand er sehr viele Papageyen [51]). Wahrlich, wo solche Bäume noch wachsen, wo die Menschen fast nackt herumgehen, da können die Winter nicht übermäßig kalt seyn; nur im Sommer wird durch die vielen Regen, die hier eben so leicht möglich sind als in den Fjorden von Norwegen, der Aufenthalt sehr unangenehm seyn.

Wenn demnach Süd-Georgia eine so geringe Zahl von Pflanzen zeigt, so müssen wir die Ursache dieses Mangels nicht sowohl in der geringen mittlern Temperatur, als vielmehr in der

---

48) Weddell Reise S. 94.

49) Hawkesworth Geschichte II, 43.

50) Ebend. S. 60.

51) Ebend. I, 38. Hieraus folgt übrigens von selbst, daß Forster's oft wiederholte Behauptung (Bemerkungen S. 85), daß die Berge des Feuerlandes im Sommer bis an die Meeresküste mit Schnee bedeckt seyen, unrichtig ist. Im Mai ist die Vegetation am Cap Horn noch in voller Kraft, und Schnee in den Niederungen selten. Auf Staaten-Insel sind die Berge 2000′ hoch und bis an den Gipfel mit Bäumen besetzt. Froriep's Notizen XXVIII, 296.

insularischen Lage des Landes suchen. Zeigen uns ja die Falklands-Inseln mehrere Grade nördlich vom Feuerlande keine Bäume [52]), obgleich die mittlere Temperatur mehr als 8° beträgt, und fand J. R. Forster auf der Osterinsel nahe am südlichen Wendekreise in allem nur zwanzig Pflanzen, ohne eine Spur von Bäumen zu treffen [53]).

Für die geringere Temperatur der südlichen Halbkugel in höheren Breiten sind mehrere Hypothesen aufgestellt worden. Da der Sommer in der südlichen Halbkugel einige Tage kürzer ist, als in der nördlichen, so ist hieraus die geringere Temperatur abgeleitet worden, aber durch die größere Nähe der Sonne wird dieser Umstand zum Theil compensirt [54]).

Andere haben die große Menge von Wasser in der südlichen Halbkugel angeführt; dieses reflectirt einen großen Theil der auffallenden Sonnenstrahlen [55]), ein anderer Theil dringt ins Innere des Meeres, erwärmt dieses, und kann daher nicht zur Erhitzung der Oberfläche verwendet werden. Die erste Thatsache, nämlich die größere Reflexion, ist allerdings richtig, weniger gilt dieses von dem zweiten Umstande, wornach eine große Wärmemenge zur Erwärmung der innern Schichten verwendet werden soll; denn im Laufe der Jahrtausende, seit denen dieser Vorgang Statt fand, muß längst ein stabiler Zustand eingetreten seyn.

Ich glaube, daß nicht sowohl die größere Wassermasse der südlichen Halbkugel, als vielmehr die eigenthümliche Configuration des Landes die Ursache der geringeren Wärme in höheren Breiten ist. In der nördlichen Halbkugel wird das Wasser der Aequatorialströme in beiden Meeren durch die Westwinde nach höheren Breiten getrieben und trägt dadurch so viel zur Erhöhung der Temperatur bei. Ganz anders ist es in der südlichen Halbkugel. Der Strom des indischen Meeres bewegt sich um das Vorgebirge der guten Hoffnung nach Norden, kann also nicht dazu beitragen,

52) Byron in Hawkesworth Geschichte der Seereisen I, 52.
53) J. R. Forster Bemerkungen S. 150.
54) Mairan in Mém. de l'Ac. des Sc. 1765. p. 65. Lambert Pyrometrie S. 310.
55) Muncke in Gehler's Wörterb. III, 999. Prevost, in seiner Schrift Chaleur rayonnante, hat diesen Gegenstand ausführlicher untersucht, doch konnte ich dieselbe nicht zur Benutzung erhalten.

höhere Breiten zu erwärmen. Der Aequatorialstrom des atlantischen Meeres theilt sich bei Brasilien, geht zum Theil in den mexicanischen Meerbusen, zum Theil nach Süden, scheint aber schon zurückgetrieben zu werden, ehe er das Cap Horn erreicht, da hier alle Seefahrer aus Westen kommende Ströme gefunden haben [56]). Weiter südlich sind wenigstens keine vom Aequator kommende Ströme angetroffen, vielmehr scheint aus einigen von Weddell gefundenen Thatsachen zu folgen, daß die Ströme vom Pole kommen. Sollte Forster's Bemerkung richtig seyn, daß im hohen Süden Ostwinde vorherrschen, so würde sich die Entstehung dieser Ströme von selbst ergeben und Eis bis zu niedern Breiten getrieben werden, wodurch nothwendig das Meer und die Luft erkaltet werden müssen.

Wäre die Erde nicht von der Atmosphäre umgeben, oder fehlte ihr ein Theil jener Beweglichkeit, durch welche sich gasartige Körper auszeichnen, so würden jedenfalls die Gesetze der Erwärmung von denen abweichen, welche wir jetzt beobachten. Im ersten Falle würden die Strahlen der Sonne ungeschwächt die Oberfläche der Erde erreichen, eine sehr große Hitze würde die Folge seyn; aber bald nach dem Untergange der Sonne würde die dunkle Wärme mit Lebhaftigkeit durch den leeren Himmelsraum strahlen und eine sehr große Kälte erfolgen [57]). Durch die Gegenwart der Atmosphäre wird der Uebergang allmähliger, die Temperatur gleichförmiger. Ist auch die Luft der durchsichtigste Körper, welchen wir kennen, so absorbirt sie doch einen großen Theil der Lichtstrahlen, diese werden zum Theil gegen den Boden als Licht reflectirt, zum Theil in dunkle Wärme verwandelt, und dadurch steigt die Temperatur der Atmosphäre selbst. Gegenwart von Dampfbläschen und Dichtigkeit der Luft haben auf das Verhältniß zwischen den durchgelassenen und den absorbirten Strahlen einen großen bisher noch nicht bestimmten Einfluß. Selbst dann, wenn die Atmosphäre sehr heiter ist, verschwindet nach den Versuchen von Bouguer nahe $\frac{1}{5}$ der senkrecht auf die Atmosphäre fallenden Strahlen [58]), nur die übrigen $\frac{4}{5}$ dienen dazu, den Boden zu

56) Krusenstern Reise III, 245.

57) Fourier in den Mém. de l'Academie des Sciences VII, 572.

58) Bouguer Optica p. 174.

erwärmen. Hier werden sie größtentheils in dunkle Wärme verwandelt; ein Theil von dieser dringt durch Leitung ins Innere, ein anderer strahlt gegen die Atmosphäre. Der letztere findet bei seiner Bewegung nach oben einen noch nicht bestimmten Widerstand, der aber weit größer ist, als derjenige, welchen die leuchtende Wärme bei ihrem Durchgange durch die Luft findet. Es ist durch die Versuche namentlich von de la Roche und Bérard hinreichend erwiesen, daß die dunkle Wärme bei ihrer Strahlung weit schwieriger durch die Körper geht, als die leuchtende [59]): wir müssen also in der Atmosphäre dasselbe annehmen. Fehlt uns auch die genaue Kenntniß dieses Verhältnisses, so beweisen doch mehrere Versuche die Existenz dieses größern Widerstandes.

Ein wenig beachteter Versuch von Saussure [60]), auf dessen Wichtigkeit Fourier aufmerksam machte [61]), beweist die Richtigkeit des Gesagten. Aus $\frac{1}{2}$ Zoll dicken tannenen Brettern wurde ein Kistchen gemacht, daß in seinem innern Raume 1′ lang, 9″ breit und eben so hoch war, das ganze Innere mit 1″ dicken Blättern von geschwärztem Kork gefüttert und das Kästchen dann mit drei in Rinnen laufenden, sehr durchsichtigen Glasplatten geschlossen, so daß eine über der andern lag, der Abstand der zunächst liegenden Platten aber etwa $1\frac{1}{2}$″ betrug. In das Innere dieses Kästchens wurde ein Thermometer gestellt und das Ganze geschlossen. Dieses Instrument, welches Saussure ein Heliothermometer nannte, wurde dann der Sonne dergestalt ausgesetzt, daß die Strahlen ins Innere fallen konnten. Das Thermometer stieg hier nun sehr hoch. So stellte er auf dem Gipfel des Cramont einen Versuch an; das im Innern befindliche Thermometer, auf welches die Strahlen der Sonne frei fallen konnten, stieg nach mehreren Stunden bis zu 87°,5; ein zweites außen an dem geschwärzten Kork des Kistchens befestigtes Thermometer bis zu 26°,2; ein drittes Thermometer war in freier Luft 4′ über dem Boden und den Sonnenstrahlen ausgesetzt nur zu 6°,2 gestiegen.

Die Erklärung dieses Versuches ist im hohen Grade einfach. Mit Leichtigkeit drangen die Sonnenstrahlen durch die Glasplatten

59) Biot Traité de physique IV, 638.
60) Saussure Reisen durch die Alpen IV, 109. §. 932.
61) Mém. de l'Acad. des Sc. VII, 585.

ten ins Innere, indem sie die geschwärzten Wände erreichten, wurden sie in dunkle Wärme verwandelt, die Strahlung dieser durch das Glas verhindert. Dadurch stieg die Temperatur der Wände und die im Kasten befindliche Luftmasse wurde stark erwärmt. Wäre letztere nicht eingeschlossen, so würde sie sich nach oben bewegen, kältere Luft würde beständig in den Kasten dringen und das Thermometer nicht so hoch steigen. Behielten nun die Schichten der freien Atmosphäre zugleich mit ihrer Durchsichtigkeit ihre Dichtigkeit und würde ihnen nur ihre Beweglichkeit genommen, so würde die auf diese Art fest gewordene Luft Erscheinungen derselben Art hervorbringen. Die Wärme, welche leuchtend bis zur Erdrinde gelangt, würde sogleich einen großen Theil der Eigenschaft verlieren, durch durchsichtige Körper zu gehen, sich in den untern Schichten der Atmosphäre anhäufen, und diese würden dadurch eine sehr hohe Temperatur erlangen, die Wärme selbst sehr schnell mit der Entfernung von der Erdoberfläche abnehmen. Die Beweglichkeit der Luft, das Aufsteigen warmer und das Herabsinken kalter Luftschichten nebst dem noch fortdauernden Durchgange der Wärme durch die Luft vermindern zwar die im vorigen Falle erzeugte Wirkung, heben sie aber nicht auf, und wir sehen also schon aus diesem Umstande, daß die Temperatur mit der Entfernung von der Erdoberfläche abnehmen müsse [62]).

Um das Gesetz zu bestimmen, nach welchem diese Abnahme der Temperatur erfolgt, muß das Thermometer in verschiedenen Höhen über der Erdoberfläche beobachtet und aus dem bekannten Unterschiede der Temperaturen und Höhen diese Abnahme hergeleitet werden. Aber so einfach dieses Verfahren scheint, so treten hiebei so viel Störungen ein, daß wir bis jetzt noch nicht annehmen dürfen, daß wir das Gesetz kennen. Gesetzt, die Atmosphäre wäre ein vollkommen ruhiger Körper und die Wärme würde vom Boden den obern Schichten durch Leitung oder Strahlung mitgetheilt, so würde die Wärme in geometrischer Reihe abnehmen, während die Höhen in arithmetischer Reihe wachsen, eben so wie dieses bei der Leitung der Wärme in festen, beim Durchgange des Lichtes durch durchsichtige Körper der Fall ist. Hätte der Boden

62) Fourier l. l. p. 587.

also die constante Temperatur t, sind a und b zwei constante Größen, wäre t_h die der Höhe h entsprechende Temperatur, und endlich M der Modulus der gemeinen Logarithmen; so wäre [63])

$$t_h = T . 10^{-\frac{h}{M}\sqrt{\frac{b}{a}}}$$

oder

$$\log t_h = \log t - h . \frac{1}{M}\sqrt{\frac{b}{a}}.$$

Da der Coefficient von h in diesem Ausdrucke constant ist, so können wir der Einfachheit halber setzen

$$\log t_h = \log t - a . h.$$

Um die Constante zu bestimmen, will ich zuerst einige durch mehrjährige Beobachtungen gefundene mittlere Temperaturen in der Nähe der Alpen anwenden, weil wir annehmen dürfen, daß bei diesen der größte Theil der zufälligen Störungen entfernt ist. Da jedoch diese Orte nicht alle in derselben Breite liegen, so will ich sie auf die Breite von 46° reduciren und die deshalb erforderliche kleine Correction anbringen. Die Messungen sind folgende:

	Breite	Höhe	Beob. Temp.	Corrig. Temp.
St. Bernhard	45° 51′	1278t	— 0°,45	— 0°,55
St. Gotthard	46. 30	1073	— 1,05	— 0,71
Bern	45. 57	273	7,29	7,26
Zürich	47. 23	208	8,86	9,78
Genf	46. 12	202	9,72	9,69
Turin	45. 4	143	11,68	11,06
Mailand	45. 28	70	12,79	12,43
Padua	45. 24	10	12,34	11,94

Drücken wir die Temperatur in Graden des Luftthermometers aus, indem wir den Thaupunkt mit 1, den Siedepunkt mit 1,375 bezeichnen, so wird

$$\log t_h = 0{,}0192764 - 0{,}000017357 . h.$$

---

63) Biot Traité de physique IV, 668.

Die folgende Tafel enthält die Vergleichung der beobachteten d berechneten Größen:

	Beobchtet	Berechnet	Unterschied
St. Bernhard	— 0°,55	— 1°,78	— 1°,23
St. Gotthard	— 0,71	0,40	+ 1,11
Bern	7,26	9,08	+ 1,82
Zürich	9,78	9,79	+ 0,01
Genf	9,59	9,87	+ 0,28
Turin	11,06	10,52	— 0,54
Mailand	12,43	11,32	— 1,11
Padua	11,94	12.00	+ 0,06

: Summe der Quadrate der Fehler ist 7,66 und der wahr-
:inliche Fehler der Formel beträgt 0°,657.

Gewöhnlich wird angenommen, daß die Temperatur für iche Aenderungen der Höhe um gleiche Größen abnehme, was mäßige Höhen auch in der obigen Voraussetzung nahe richtig n würde, da die Aenderungen der Logarithmen für geringe terschiede der Zahlen sich nahe verhalten, wie die Aenderungen ı diesen. In diesem Falle wird der Ausdruck

$$t_h = t + ah$$

) wenn wir die Constanten bestimmen

$$t_h = 12°,075 - 10,0868 \,.\, h.$$

: folgende Tafel enthält die beobachteten und die nach dieser pothese berechneten Größen:

	Beobachtet	Berechnet	Unterschied
St. Bernhard	— 0°,55	— 1°,82	— 1°,27
St. Gotthard	— 0,71	0,41	+ 1,12
Bern	7,26	9,10	+ 1,84
Zürich	9,78	9,81	+ 0,03
Genf	9,59	9,87	+ 0,28
Turin	11,06	10,52	— 0,54
Mailand	12,43	11,31	— 1,12
Padua	11,94	11,96	+ 0,02

Summe der Quadrate der Fehler ist in diesem Falle 7,88 und wahrscheinliche Fehler 0°,669, etwas größer als im obigen.

Ich will beide Hypothesen auf die Messungen anw welche Gay Lussac auf seiner aerostatischen Reise anste Dieser fand folgende Größen:

Höhe	Beobachtet	Arithmetische Reihe	Unterschied	Geometr. Reihe	Ur
0	30°,80	30°,64	— 0°,16	31°,48	+
1555,6	12,50	14,39	+ 1,89	14,33	+
1750,6	10,94	12,36	+ 1,42	12,25	+
1893,9	8,44	10,86	+ 2,42	10,74	+
1958,2	10,38	10,19	— 0,19	10,06	—
2314,8	8,75	6,47	— 2,28	6,32	—
2428,8	8,13	5,28	— 2,85	5,14	—
2467,2	7,19	4,88	— 2,31	4,74	—
2566,3	5,94	3,84	— 2,10	3,72	—
2634,6	0,95	3,13	+ 2,18	3,02	+
2702,7	4,38	2,42	— 1,96	2,32	—
2831,7	2,50	1,07	— 1,43	1,00	—
2889,4	0	0,47	+ 0,47	0,41	+
2911,6	0,62	0,23	— 0,39	0,19	—
3099,3	— 3,12	— 1,72	+ 1,40	— 1,71	+
3133,4	— 1,56	— 2,08	— 0,52	— 2,07	—
3151,9	— 3,44	— 2,27	+ 1,17	— 2,24	+
3532,0	— 6,88	— 6,24	+ 0,64	— 6,04	+
3579,9	— 9,38	— 6,74	+ 2,64	— 6,52	+

Nehmen wir an, die Temperatur nehme mit der arithmetischer Reihe ab, so erhalten wir den Ausdruck

$$t_h = 30°,637 - 0,01044\ h.$$

Wird dagegen angenommen, daß die Temperatur in geom Progression abnimmt, während die Höhe in arithmetischer so erhalten wir in Graden des Luftthermometers

$$\log . t_h = 0,0484635 - 0,000016539\ h.$$

Im ersten Falle ist die Summe der Quadrate der Fehler und der wahrscheinliche Fehler 1°,163; im zweiten Fall

61) Gehler's Wörterbuch III, 1055.

Summe der Quadrate der Fehler 57,74 und der wahrscheinliche Fehler 1,176.

Bis jetzt läßt sich also noch nicht entscheiden, welche von beiden Ansichten den Vorzug verdiene. Nehmen wir an, gleiche Höhendifferenzen entsprechen gleichen Aenderungen der Temperatur, so wird die Rechnung dadurch leichter und einfacher. Auf der andern Seite aber hat die Voraussetzung, daß die Temperaturen in geometrischer Reihe abnehmen, wenn die Höhen in arithmetischer Reihe wachsen, den Vortheil, daß bei ihr die Temperatur der untern Station berücksichtigt wird. Dieses scheint wenigstens in unsern Gegenden erforderlich, wo die Abnahme der Wärme von den Tages- und Jahreszeiten abhängt, indem sie desto schneller sinkt, je höher die Temperatur der Erdoberfläche ist, obgleich keinesweges gleichen Wärmegegenden im Frühlinge und im Herbste dieselbe Abnahme entspricht. Den Einfluß der Tageszeiten anlangend, so beobachtete Saussure im Julius auf dem Col de Géant das Thermometer alle zwei Stunden 16 Tage hindurch, während in Genf gleichzeitige Beobachtungen gemacht wurden. Wird der bekannte Höhenunterschied durch die Temperaturdifferenz dividirt, so ergeben sich folgende Größen für die Höhe, um welche man sich erheben muß, wenn das Thermometer um 1° sinken soll [65].

Stunde	Beob.	Ber.	Untersch.	Stunde	Beob.	Ber.	Untersch.
0	$75^t,9$	$76^t,7$	$+0^t,8$	12	$87^t,7$	$88^t,0$	$+0^t,3$
2	71,8	74,7	+2,9	14	97,0	99,2	+2,2
4	72,8	74,0	+1,2	16	107,7	104,1	—3,6
6	72,3	72,5	+0,2	18	100,0	100,6	+0,6
8	73,4	73,1	—0,3	20	92,3	90,9	—1,4
10	80,5	78,3	—2,2	22	82,1	81,5	—0,6

Diese Messungen bestätigen vollkommen die Ungleichheit der Temperaturabnahme zu verschiedenen Tageszeiten, indem die Wärme zur Zeit der größten täglichen Hitze weit schneller abnimmt, als zur Zeit des Sonnenaufganges. Um die Anoma-

65) Saussure Voyages §. 2050 bei Muncke in Gehler's Wörterb. III, 1011.

lien zu entfernen, habe ich aus den gefundenen Größen den Ausdruck

$$H_n = 84^t,473 + 15,164 \sin (n . 15^\circ + 202^\circ 4') + 4,564 \sin (n . 30^\circ + 332^\circ 28')$$

hergeleitet. Darnach nimmt die Wärme um die Zeit des Sonnenaufganges am langsamsten, um etwa 5 Uhr, also einige Zeit nach dem Maximum der täglichen Wärme, am schnellsten ab. Die gleichzeitigen Beobachtungen zu Genf und auf dem St. Bernhard bestätigen dieses ebenfalls, zugleich zeigen uns diese die Abhängigkeit von den Jahreszeiten. Sechsjährige in der Bibliothèque universelle mitgetheilte Beobachtungen geben für den Höhenunterschied, in welchem die Wärme um 1° kleiner wird, folgende Größen:

Monat	Beob.	Ber.	Untersch.	Monat	Beob.	Ber.	Untersch.
Januar	132t,8	123t,8	— 9t,0	Julius	92t,9	96t,3	+ 3t,4
Februar	114,2	113,7	— 0,5	August	101,0	98,1	— 2,9
März	93,6	99,3	+ 5,7	Septbr.	101,0	99,7	— 1,3
April	90,3	89,1	— 1,2	Octbr.	100,5	105,4	+ 4,9
Mai	91,4	87,5	— 3,9	Novbr.	124,1	115,4	— 8,7
Junius	90,4	91,9	+ 1,5	Decbr.	111,8	123,9	+ 12,1

Wird das Jahr vom 1sten Januar an gerechnet, so lassen sich diese Größen nahe durch den Ausdruck

$$H_n = 103^t,667 + 16,00 \sin \{(n + \tfrac{1}{2}) 30^\circ + 105^\circ 46'\} + 6,53 \sin \{(n + \tfrac{1}{2}) 60^\circ + 40^\circ 0'\}$$

darstellen. Darnach nimmt die Wärme am 6ten Mai am schnellsten ($87^t,1$ für 1°), am 1sten Januar am langsamsten ab ($125^t,2$ für 1°), eine Bestimmung, die etwas von derjenigen abweicht, welche d'Aubuisson aus einjährigen Beobachtungen hergeleitet [66]) und Schmidt in der Folge berechnet hat [67]). Zugleich aber sehen wir hieraus, daß diese Abnahme nicht blos von der Temperatur der Erdoberfläche abhängt, weil sie sonst im Julius am schnellsten erfolgen müßte.

Soll demnach ein allgemeines Gesetz aufgestellt werden, welches diese Abnahme angiebt, so scheint es, als ob in unsern

66) d'Aubuisson Traité de Géognosie I, 437 in Gehler's Wörterb. III, 1012.

67) Schmidt mathem. u. phys. Geogr. II, 285.

Gegenden die mittlere Temperatur mit berücksichtigt werden müßte. Schon Euler hat einen Ausdruck dieser Art angegeben [68]). Ist h der Höhenunterschied, t die Temperatur an der untern, t′ an der obern Station und a eine durch die Beobachtungen zu bestimmende Größe; so ist

$$a = \frac{t - t'}{h(1+t)}.$$

Beobachtungen, welche Humboldt zwischen den Wendekreisen anstellte, und welche Oltmanns in Graden des Luftthermometers ausgedrückt berechnete, geben für a sehr nahe übereinstimmende Werthe, nämlich $a = 0{,}000037$ [69]). Wird dieser Ausdruck Euler's umgebildet, so erhalten wir

$$t' = t - ah - aht;$$

es wird hier also angenommen, daß die Wärme in arithmetischer Reihe abnehme, aber das Glied, welches diese Abnahme angiebt, wird nochmals mit der Temperatur der untern Station multiplicirt und das Product von dem obigen subtrahirt.

Ueber das Gesetz der Wärmeabnahme sind noch verschiedene andere Hypothesen aufgestellt worden. Durch nicht ganz richtige theoretische Ansichten geleitet, vermuthete Lambert, daß für gleiche Höhenunterschiede abnehmende Temperaturdifferenzen Statt finden, mithin daß die ersteren in einer zunehmenden Progression wachsen, wenn die letzteren in einer arithmetischen Reihe abnehmen [70]). In der Folge stellte Zach eine ähnliche Behauptung auf [71]). Werden die Sonnenstrahlen als Grund aller Wärme angenommen, so muß eben so deren reflectirte als unmittelbare Wirkung für jeden Punkt der Atmosphäre im Verhältnisse der Wärme-Receptibilität und Erhöhung über der Erdoberfläche stehen. Man kann die Erwärmungsfähigkeit den Dichtigkeiten proportional setzen, und da eben hiedurch auch die Wirkung der reflectirten Wärme bedeutend modificirt wird, so folgt,

---

68) Mém. de Berlin 1754. p. 140.

69) Humboldt Observ. astron. I, 142.

70) Mém. de Berlin 1772. p. 114. Pyrometrie S. 232. Vgl. Saussure Reisen durch die Alpen IV, 94. §. 925.

71) Monatliche Correspondenz XXI, 105.

daß die Wärme der über einander liegenden Luftschichten von ihrer Dichtigkeit abhängt und hiernach für verschiedene Höhen nicht in demselben Maaße abnehmen kann. Daher ist es am einfachsten, die Wärmeabnahme den Barometerständen proportional anzunehmen. Es sey also h die Höhe des Barometers am Niveau des Meeres in pariser Linien, n die Zahl der successiven Barometerhöhen bis zu einer Höhe x, z die Differenz der Temperaturen in der Höhe x und am Niveau des Meeres, m der Coefficient der Wärmeabnahme; so ist

$$z = \frac{x}{m} \cdot \frac{h \ldots\ldots [h-(n-1)]}{n h}$$

woraus sich bei gegebenem z und x der Coefficient m ergiebt. Nimmt man für n die Zahl der Linien an, um welche sich der Stand des Barometers in einer arithmetischen Reihe der ersten Ordnung vom Niveau des Meeres bis zu einer Höhe x ändert, so ist

$$z = \frac{x}{m} \cdot \frac{2h+1-n}{2h}$$

und daraus ergiebt sich für jeden andern Barometerstand

$$m' = m \cdot \frac{h}{2h+1-n}.$$

Ist diese Hypothese richtig, so muß m desto größer werden, je kleiner der Barometerstand wird. Um die Behauptung zu prüfen, stellt Zach einige Beobachtungen zusammen, welche Humboldt zwischen den Wendekreisen machte [72]). Diese zeigen bestimmt, daß die Temperaturen in bedeutender Höhe langsamer abnehmen, als in der Nähe der Erdoberfläche. Die Messungen selbst sind folgende:

---

72) Humboldt Observat. astron. I, 129. Gilbert's Annalen XXXI, 369.

	Höhe	Temperaturdifferenz der obern und untern Station	Höhe für 1° C
Coffre de Pérote	2076^t	22°,1	93,9
Silla de Caracas	1335	13,7	97,4
Puerta de la Cuchilla	766	8,5	90,1
Guadaloupe	1686	16,9	99,7
Pic auf Teneriffa	1905	19,6	97,2
Mittleres Resultat	1554	16,2	96,1
Nevado de Toluca	2372	23,2	102,2
Pichincha	2400	23,7	101,3
Chimborasso	3016	29,1	103,6
Mittleres Resultat	2596	25,3	102,5

Es ist hier nicht zu verkennen, daß die Höhendifferenz für die Temperaturabnahme von 1° C desto bedeutender wird, je höher wir aufwärts steigen. Indem nun Zach auf beide Gruppen den obigen Ausdruck anwendet, findet er am Niveau des Meeres für eine Temperaturabnahme von 1° C aus No. I. 82^t,1 aus No. II. 80^t,7, also sehr nahe übereinstimmend. Er nimmt daher für den Barometerstand von 28″ die Größe von 80 Toisen an und findet folgende Größen:

Barometerstand	Höhe für eine Wärmeabnahme von 1° C	Barometerstand	Höhe für eine Wärmeabnahme von 1° C
27″	81^t,4	17″	99^t,3
26	82,8	16	101,5
25	84,3	15	103,8
24	86,0	14	106,2
23	87,7	13	108,8
22	89,4	12	111,5
21	91,2	11	114,3
20	93,0	10	117,3
19	95,0	9	120,3
18	97,1	8	123,7

Um die Richtigkeit dieses Ausdruckes zu prüfen, will ich ihn auf die Beobachtungen von Gay-Lussac auf seiner aerostatischen Reise anwenden. Dieser fand folgende Größen[73]:

73) Gehler's Wörterb. N. A. III, 1035.

Barom.	Höhe	Therm.	Berechnet	Untersch.	B	Untersch.
339‴,2	0ᵗ	30°,80	30°,80	0	30°,80	0
238,5	1555,6	12,50	12,81	+0,31	13,26	+0,76
228,0	1750,6	10,94	10,90	−0,04	11,27	+0,33
220,2	1893,9	8,44	9,57	+1,13	9,25	+0,81
217,4	1958,2	10,38	8,97	−1,41	8,55	−1,83
200,7	2314,8	8,75	5,76	−2,99	5,57	−3,18
195,2	2428,8	8,13	4,79	−3,34	4,70	−0,43
193,0	2467,2	7,19	4,50	−2,69	4,36	−2,83
188,4	2566,3	5,94	3,67	−2,27	3,45	−2,49
183,6	2634,6	0,95	3,20	+2,25	2,92	+1,97
182,4	2702,7	4,38	2,56	−1,82	1,78	−2,60
176,7	2831,7	2,50	2,54	−0,96	1,06	−1,44
173,7	2889,4	0	1,12	+1,12	0,59	+0,59
172,9	2911,6	0,62	0,93	+0,31	0,37	−0,56
164,8	3099,3	− 3,12	− 0,48	+2,64	− 1,24	+1,88
163,8	3133,4	− 1,55	− 0,78	+0,78	− 1,58	−0,02
162,7	3151,9	− 3,44	− 0,90	+2,54	− 1,71	+1,73
148,0	3532,0	− 6,88	− 3,68	+3,20	− 4,96	+1,92
144,8	3579,9	− 9,38	− 3,92	+5,46	− 5,25	+4,13

Vergleichen wir hier alle übrigen Beobachtungen mit der in der Nähe des Bodens angestellten, so geben uns die Messungen bis zu einer Höhe von $2428^t,8$ $m = 77^t,16$, die sechs folgenden $m = 75^t,25$ und die sechs letzten $m = 68^t,71$, im Mittel erhalten wir $73^t,71$, und wir finden

$$z = \frac{x}{73,71} \cdot \frac{2h+1-n}{2h}$$

wo $h = 339''',2$ ist. Die obige Tafel enthält die nach diesem Ausdrucke berechneten Temperaturen; die Summe der Quadrate der Fehler ist 100,57, der wahrscheinliche Fehler $1°,552$, bedeutend größer als in den beiden obigen Fällen, namentlich sind alle Temperaturen an den oberen Stationen zu hoch, während die Uebereinstimmung an den mittleren Punkten ziemlich groß ist. Soll indessen diese Hypothese von Zach angewendet werden, so ist es zweckmäßig, bei Bestimmung der Dichtigkeit nicht blos den Druck, sondern zugleich die Temperatur zu berücksichtigen, da hiedurch die Dichtigkeit für große Höhendifferenzen bedeutend abgeändert wird. Ist nun t die Temperatur der untern, t′ die der obern Station, so wird

$$z = \frac{x}{m} \cdot \frac{2h+1-n}{2h} \cdot \frac{1+0,00375.t}{1+0,00375.t'}$$

In diesem Falle geben die Beobachtungen von Gay-Lussac

$$z = \frac{x}{80,61} \cdot \frac{2h + r - n}{2h} \cdot \frac{1 + 0,00375 \cdot t}{1 + 0,00375 \cdot t'}$$

Die Berechnung der Temperaturdifferenz vermittelst dieses Ausdruckes setzt die Kenntniß der Temperaturen der obern Station voraus, man muß deshalb diese zunächst annähernd bestimmen. Da t gegeben ist, so erhält man bei Uebersehung der Wärme an der obern Station z, also $t' = t - z$, man setzt den so erhaltenen Werth von t' als der Wahrheit nahe kommend in die obige Formel und dadurch erhält man einen schärfern Werth von z, also t', welchen man aufs Neue zur Berechnung von z anwenden könnte. Ich habe diesen zweiten Werth von t' behalten und die so gefundenen Größen in den mit B überschriebenen Spalte mitgetheilt; die Differenzen sind geringer als bei dem Ausdrucke Zach's, die Summe der Quadrate der Fehler beträgt 71,03, der wahrscheinliche Fehler 1°,304.

Wie bereits erwähnt ist, haben die meisten Physiker angenommen, daß die Temperatur in einer arithmetischen Reihe abnehme. Gehen wir hievon aus, so geben Humboldt's erwähnte Beobachtungen eine Höhe von etwa 98 Toisen für 1°, die früher mitgetheilten Messungen in der Schweiz 92 Toisen, die von Gay-Lussac auf seiner aerostatischen Reise gemachten 95,8 Toisen, so daß 90 bis 100 Toisen der Wahrheit sehr nahe kommen werden. Etwas abweichend sind die Angaben anderer Beobachter. Saussure folgerte aus seinen in der Schweiz angestellten Beobachtungen, daß die Höhe für 1° C im Sommer 80, im Winter 94,4 Toisen betrage [74]), und jene Angabe stimmt sehr nahe mit denen von anderen Reisenden in Gebirgen, die ihre Messungen meistens im Sommer anstellten. So giebt Horner für den Sommer am Rigi 77,6 Toisen [75]), Ramond für die Pyrenäen 84 Toisen [76]), Schouw für dieselbe Jahreszeit am Aetna 72 Toisen [77]), d'Aubuisson für die Schweiz 75 Toisen [78]), so

74) Gehler's Wörterb. III, 1013.
75) Verhandlungen der allgemeinen Schweiz. Ges. für die ges. Naturw. Zürich 1828. bei Muncke Handbuch der Naturlehre II, 231.
76) Ramond Mém. sur la formule barométrique p. 109.
77) Schouw Pflanzengeogr. S. 448.
78) Journal de physique LXXI, 35.

daß wir ohne großen Fehler 80 Toisen für den Sommer annehmen können, während dem Winter eine Höhe von 100 bis 110 Toisen zu entsprechen scheint.

Die Alpen nebst den Gebirgen Süd-America's sind diejenigen Gegenden, in denen dieses Element vorzugsweise untersucht worden ist; weniger bekannt sind die Verhältnisse in andern Gegenden. Bei einem Höhenunterschiede von 225,5 Toisen geben gleichzeitige Beobachtungen in Ofen und Kesmark für jenen Ort eine mittlere Temperatur von 18°,4, für diesen 10°,4; nehmen wir auch an, daß letztere Größe wegen der Breitendifferenz in 11°,4 verwandelt werden müßte, so würden wir doch nur 57t,4 erhalten [79]). Beobachtungen, welche Engelhardt und Parrot bei ihren Höhenmessungen im Caucasus mittheilen, geben in diesem Gebirge für den September 91,1 Toisen [80]), für die Gebirge in der Krimm fanden dieselben im Junius nur 68,5 Toisen, letztere Angabe nahe mit der übereinstimmend, welche Dalton für den Sommer in England angiebt (68t) [81]).

Da die Brechung der Lichtstrahlen in der Luft eine Function der Dichtigkeit ist, letztere aber außer dem bekannten Gesetze in Betreff des Druckes vorzüglich von der Temperatur abhängt, so sind Refractionsbeobachtungen in der Nähe des Horizontes dazu benutzt worden, die Aenderung der Temperatur mit der Höhe zu bestimmen, meistens wurde dabei aber angenommen, daß die Wärme in arithmetischer Reihe abnehme. Aus zwei von Svanberg in Schweden angestellten Messungen folgert Méchain, daß die Höhe für 1° C hier 108t,2 betrage [82]). Bis jetzt aber fehlt es noch zu sehr an einer hinreichenden Anzahl von Messungen in verschiedenen Breiten und bei sehr großen Zenithabständen, um diese Abnahme daraus herzuleiten.

Da übrigens die Wärme im Sommer weit schneller abnimmt, als im Winter, so folgt hieraus, daß die Oscillationen des Thermometers in höher liegenden Punkten geringer sind, als in

79) Band I. S. 137.

80) Engelhardt u. Parrot Reise II, 54.

81) Mem. of the lit. and phil. Soc. of Manchester IV, 104 bei Muncke in Gehler's Wörterb. III, 1010.

82) Humboldt Observ. astron. I, 155.

den Ebenen. Schon Saussure glaubte, daß die täglichen Unterschiede der Temperaturen mit den Höhen stets abnehmen und endlich verschwinden, ja daß sogar auch die jährlichen Unterschiede in Höhen von 6000 bis 7000 Toisen oder mindestens in der doppelten Höhe nicht mehr existiren [83]). Und eben dieses folgerte späterhin Zach, welcher glaubte, daß die Temperatur in 5693 Toisen allenthalben über der Erde gleich sey [84]). Uebersehen wir hier ganz die zufälligen unregelmäßigen Störungen der Temperatur und berücksichtigen nur die mittleren Temperaturen in den einzelnen Jahreszeiten, so zeigen die Orte in der Nähe der Alpen diese Abnahme ganz bestimmt. Der Unterschied zwischen den Temperaturen des Sommers und Winters beträgt nämlich:

	Höhe	Δ	Rechnung A	Untersch.	Rechnung B	Untersch.
Padua	10t	21°,44	19°,95	−1°,49	19°,89	−1°,55
Turin	143	20,39	19,26	−1,13	19,12	−1,27
Genf	202	18,19	18,96	+0,77	18,79	+0,60
Zürich	208	18,78	18,93	+0,15	18,76	−0,02
Bern	273	16,34	18,59	+2,25	18,41	+2,07
St. Gotthard	1073	14,87	14,46	−0,41	14,54	−0,33
St. Bernhard	1278	13,55	13,40	−0,15	13,69	+0,14

Es ist also nicht zu verkennen, wie hier die Differenz mit der Höhe geringer wird. Um jedoch die einzelnen Anomalieen zu entfernen, ist es zweckmäßig, einen Ausdruck zu entwickeln, welcher die mitgetheilten Größen annähernd darstellt. Nimmt man an, daß die Differenz zwischen den Temperaturen beider Jahreszeiten in arithmetischer Reihe mit der Höhe abnehme, so wird

$$\Delta_h = 20^\circ{,}00 - 0{,}0051635\,h \qquad (A)$$

Die nach dieser Formel berechneten Größen sind an der mit A überschriebenen Spalte mitgetheilt. Gehen wir davon aus, daß die Differenz in geometrischer Reihe kleiner werde, so erhalten wir

$$\log . \Delta_h = 1{,}29987 - 0{,}00012784\,.\,h \qquad (B)$$

Die berechneten Größen sind in der mit B überschriebenen Spalte gegeben. In dem ersten Falle ist die Summe der Quadrate der Fehler 9,37, im zweiten 8,79, es genügen also beide Gleichun-

83) Bei Muncke in Gehler's Wörterb. III, 1012.

84) Monatl. Corresp. XXI, 119.

gen den Größen, so weit diese beobachtet worden sind, fast gleich gut; es scheint aber, als ob der zweite Ausdruck vorzuziehen sey. Dehnen wir nämlich beide Ausdrücke bis zu größeren Höhen aus, so würde Δ nach der Gleichung (A) in einer Höhe von 3874 Toisen gleich Null, späterhin negativ, d. h. es würde hier der Winter wärmer seyn als der Sommer: eine Folgerung, die offenbar absurd ist. Dagegen giebt uns der Ausdruck (B) nie einen Werth, welcher gleich Null wird, was viel naturgemäßer zu seyn scheint. Nehmen wir an, daß der Unterschied zwischen der Temperatur des Winters und Sommers am Niveau des Meeres 20° betrage, so erhalten wir darnach folgende zusammengehörige Größen:

Höhe	Temperaturdifferenz
0ᵗ	20°,00
100	19,42
200	18,86
300	18,31
400	17,78
500	17,26
1000	14,90
1500	12,86
2000	11,10
10000	1,05
20000	0,06

Also erst in den höchsten Gegenden der Atmosphäre wird der Unterschied zwischen der mittlern jährlichen Temperatur verschwinden. Es bedarf wohl kaum einer Erwähnung, daß die unregelmäßigen Störungen einen weit bedeutendern Umfang in den obersten Schichten haben, als diese mittleren Größen, doch fehlt es ganz an Beobachtungen, um dieses Element zu bestimmen, da die einzelnen Extreme von der Höhe des Instrumentes über dem Boden abhängen, so daß eine sehr große Anzahl von Beobachtungen erforderlich ist, um die sich hieraus ergebenden Unregelmäßigkeiten zu entfernen.

Lassen uns also die Beobachtungen in so fern im Stiche, daß sie uns keine hinreichend genauen Größen zu Bestimmung des Gesetzes für diese Abnahme geben, so sind wir eben so wenig im Stande, hierüber etwas Genügendes auf theoretischem Wege aus-

zumachen. Wir kennen zwar im Allgemeinen die Gründe für diese Depression der Temperatur, aber ihre Anwendung auf die Beobachtungen erleidet so viele Modificationen, es treten dabei so verwickelte Umstände auf, daß es bis jetzt völlig unmöglich ist, allgemeingültige Bestimmungen zu geben. Uebersehen wir wegen der schlechten Leitungsfähigkeit der Luft die Mittheilung der Wärme ganz, so haben wir vorzüglich folgende Umstände hiebei zu berücksichtigen:

1) Verminderung der durch Strahlung mitgetheilten Wärme mit der Entfernung vom Boden;
2) Widerstand, welchen die Luft der Bewegung der leuchtenden und noch mehr der dunkeln Wärme entgegensetzt;
3) Vermehrung der Wärme-Capacität der Luft mit der Verminderung ihrer Dichtigkeit.

Da nach den Versuchen über strahlende Wärme die Größe des hervorgebrachten Effectes sich umgekehrt wie der Sinus des Einfallswinkels (vom Einfallslothe an gerechnet) und wie das Quadrat der Entfernung verhält, so müßte aus diesem Grunde die Temperatur mit der Erhebung über dem Boden sehr schnell abnehmen. Ließe jedoch die Atmosphäre alle dunkeln Wärmestrahlen durch sich hindurch, so würde der Abstand vom Boden fast gar keinen Einfluß auf die Temperatur haben, wie Schmidt auf eine eben so einfache als überzeugende Art bewiesen hat [85]). Es bezeichne nämlich der Kreis AMBN (Taf. II. Fig. 2) einen Durchschnitt der Erdkugel, in L sey der Punkt, welcher von der Erdrinde durch Strahlung erwärmt wird. Die von L nach dem Mittelpunkte der Erde gezogene Linie schneide die Oberfläche dieser in B; MN sey eine Zone, die von zwei unendlich nahen Parallelkreisen eingeschlossen wird, deren Pol in B liegt, alle Punkte dieser Zone haben also von L gleichen Abstand und äußern bei übrigens gleicher physischer Beschaffenheit denselben Einfluß auf seine Erwärmung. Ziehen wir die Tangente MQ, so verhält sich die Erwärmung wie der Sinus des Winkels LMQ und umgekehrt wie das Quadrat des Abstandes LM. Setzen wir also $LM = r$, $LMQ = \mu$ und den Inhalt der Zone $MN = d\Omega$, so wird die

85) Schmidt mathem. phys. Geogr. II, 265. §. 158.

Erwärmung dW, welche der Punkt L von der Zone MN erh
ausgedrückt durch

$$dW = \frac{c \cdot d\Omega \sin\mu}{r^2}$$

wo c ein von dem Wärmestrahlungsvermögen abhängiger C
ficient ist. Setzen wir $\angle MLB = \phi$, $LB = h$, $BC =$
so ist

$$a^2 = r^2 + (a+h)^2 - 2r(a+h)\cos\phi.$$

Der Inhalt der Zone wird

$$d\Omega = 2\pi\sqrt{(r^2 d\phi^2 + dr^2)} \cdot MP$$
$$= 2\pi r \sin\phi \sqrt{(r^2 d\phi^2 + dr^2)}.$$

Nun giebt die vorher für a^2 gefundene Gleichung

$$o = rdr - (a+h)\cos\phi dr + r(a+h)\sin\phi d\phi$$

$$\text{mithin } rd\phi = \frac{(a+h)\cos\phi - r}{(a+h)\sin\phi} \cdot dr$$

$$r^2 d\phi^2 + dr = dr^2 \left\{ \frac{(a+h)^2 - 2(a+h)r\cos\phi + r^2}{(a+h)^2 \sin\phi^2} \right\}$$

$$= \frac{a^2 dr^2}{(a+h)^2 \sin\phi^2}.$$

Wird dieses in den Werth von $d\Omega$ substituirt und die so erhalt
Größe in den Ausdruck für dW gesetzt, so wird

$$W = \frac{2\pi ca}{a+h} \int \frac{dr}{r} \sin\mu.$$

Nun ist ferner in dem Dreiecke LMC

$$(a+h)^2 = a^2 + r^2 + 2ar\sin\mu, \text{ also}$$

$$\sin\mu = \frac{2ah+h^2}{2ar} - \frac{r}{2a}, \text{ mithin}$$

$$\int \frac{dr}{r} \cdot \sin\mu = \frac{2ah+h^2}{2a} \int \frac{dr}{r^2} - \int \frac{dr}{2a}$$

$$= C - \frac{2ah+h^2}{2ar} - \frac{r}{2a}$$

Die beiden Gränzwerthe, welche r haben kann, sind die,
$r = h$ wird, und der Fall, wo die Linie LA Tangente,
$r^2 = 2ah + h^2$ wird. Nehmen wir das Integral zwischen
sen Gränzen, so wird

$$\int \frac{dr}{r} \cdot \sin\mu = \frac{a+h}{a} - \frac{\sqrt{(2ah+h^2)}}{a}$$

und daraus ergiebt sich

$$W = 2\pi c \left\{1 - \left\{\frac{\sqrt{(2ah+h^2)}}{a+h}\right\}\right\}.$$

Ist hier h nicht sehr groß, so weicht der Factor von $2\pi c$ wenig von 1 ab, und Schmidt glaubt daher, daß durch diesen Umstand keine sehr große Temperaturdepression hervorgebracht werden würde. Einige von Humboldt mitgetheilte Erfahrungen machen es indessen sehr wahrscheinlich, daß die Strahlung wirklich eine sehr bedeutende Rolle spiele. Durch sorgfältige Beobachtungen fand derselbe nämlich, daß zwischen den Wendekreisen die Temperatur über Bergebenen langsamer sinke, als über isolirten steil ansteigenden Bergen [86]). Er fand nämlich dieselben zusammengehörigen Differenzen.

Gegend	Höhendifferenz	Mittlere Temperatur	Höhe für 1° C
Quito	1491^t	15°,0	119^t,3
Popayan	908	20,6	131,6
Sta. Fé de Bogota	1365	16,5	124,1
Mexico	1168	16,9	128,4
Mittel			125,8

Im Mittel also erhalten wir nahe 125,8 Toisen für eine Temperaturdifferenz von 1°, bedeutend mehr als die Messungen auf isolirten Bergen geben [87]). Es ist nicht zu verkennen, daß die Strahlung der nahe liegenden weit ausgedehnten Ländermasse Ursache hievon sey. Der Grund dieser Abweichung der physikalischen Erscheinung von dem eben entwickelten mathematischen Gesetze liegt darin, daß die ganze oben mitgetheilte Betrachtung in aller Strenge nur von einer Atmosphäre gilt, welche Licht und Wärme-

86) Gilbert's Annalen XXXI,369 u. Observ. astron. I,132. Bei der Berechnung habe ich die Temperatur am Niveau des Meeres zu 27°,5 genommen; für Mexico 26°,0. Schon Saussure bemerkt die schnellere Abnahme der Wärme auf steil ansteigenden Bergen. Reise durch die Alpen IV,117. §. 935.

87) Humboldt giebt 165^t,7 für 1° R, also 132^t,6 für 1° C.

strahlen ungestört durch sich hindurchläßt. Da aber letztere in einer Atmosphäre von gleichförmiger Dichtigkeit in dem Verhältnisse der Logarithmen der zurückgelegten Wege geschwächt werden, so ist begreiflich, daß die Punkte durch Einwirkung der oben erwähnten Ursache eine desto geringere Temperatur haben werden, je weiter sie von der Erdoberfläche entfernt sind. Um aber die dadurch erzeugte Wirkung zu bestimmen, würde eine Kenntniß der Schwächung der dunkeln Wärmestrahlen bei ihrem Durchgange durch die Atmosphäre unter verschiedenen Umständen von Temperatur, Druck und Feuchtigkeit erforderlich seyn, eine Kenntniß, von welcher wir bis jetzt noch nicht die ersten Elemente besitzen.

Diese Schwächung der von der Sonne und vom Boden kommenden Wärmestrahlen, welche wir als zweite Ursache für die Temperaturabnahme mit der Höhe angegeben haben, spielt hiebei eine wichtigere Rolle, als ihr gewöhnlich zugetheilt wird. Indem die Sonnenstrahlen die obern Schichten der Atmosphäre treffen, schwächen diese das Licht wenig, ihre Erwärmung ist also unbedeutend, aber je dichter die Luft wird, desto beträchtlicher wird die Erwärmung. Wenn umgekehrt die dunkle Wärme nach oben strahlt, dann werden diese Strahlen vorzugsweise in den untern Schichten zurückgehalten; selbst in dem Falle, wo die Luft allenthalben gleiche Dichtigkeit hatte, würden die obern Schichten weniger erwärmt werden; da diese aber zugleich dünner sind, also wahrscheinlich mehr Wärme durch sich hindurch lassen, so werden sie noch weniger erwärmt. Schmidt ist bisher der einzige, welcher eine allgemeine Auflösung dieses Problemes versucht hat[88]). Er stützt sich dabei auf die Messungen von Bouguer über die Verminderung der Intensität des Sonnenlichtes beim Durchgange durch die Atmosphäre; geht nämlich dieses durch eine 7500 Toisen lange Schicht von Luft, deren Dichtigkeit gleich der an der Erdoberfläche ist, so wird seine Intensität in dem Verhältnisse von 3:2 vermindert, und darnach findet er die Höhe, in welcher die Wärme um 1° abnimmt, 170 Fuß, also bei weitem kleiner als die Erfahrung giebt. Aber die Schwierigkeit bei Anwendung dieses Ausdruckes auf wirkliche Beobachtungen liegt in

88) Schmidt mathem. u. phys. Geogr. II, 290. §. 176. Bouguer Voyage p. 51.

Unkenntniß des Gesetzes, nach welchem das Licht unter verschie-
en Umständen in der Atmosphäre geschwächt wird. Während
uguer glaubte, daß von 100 senkrecht auf die Atmosphäre fal-
den Strahlen 81 den Boden erreichen, fand Lambert nur
[89]). Beide Experimentatoren stellten ihre Versuche bei sehr
term Wetter an, aber Lambert selbst bemerkt, daß er die
ihm einmal angestellten Messungen nicht wiederholt habe, weil
hier die größten Differenzen zeigen [90]). Bei dem mittlern
stande der Atmosphäre wird also die Schwächung viel bedeuten-
, die Höhe, welche zu einer Temperaturabnahme von 1° ge-
t, größer gefunden werden, als unter der von Schmidt ge-
chten Voraussetzung. Würde z. B. angenommen, daß das
t bei seinem Durchgange durch die Atmosphäre in dem Ver-
tnisse 3:1 geschwächt würde, so würden wir nahe 600′ für
erhalten, mit der Erfahrung übeinstimmend.

Sind wir freilich noch nicht im Stande, die Temperatur-
iahme auf diesem Wege scharf zu bestimmen, so wird es
h sehr wahrscheinlich, daß wir uns auf diese Art die Abhängig-
: dieser Abnahme von den Jahreszeiten und die Differenzen
er verschiedenen Umständen und in verschiedenen Gegenden er-
ren müssen. Befinden sich in den obern Schichten Nebelmassen,
verschlucken diese im Sommer viele der ankommenden Strahlen,
: wenige von diesen gelangen zum Boden, daher sind die obern
hichten verhältnißmäßig wärmer, die Temperatur nimmt lang-
1 ab. Ist dagegen der Himmel heiter, so erreichen die meisten
rahlen den Boden, aber die sehr durchsichtige Luft läßt wahr-
einlich in diesem Falle auch eine große Menge dunkler Wärme-
ahlen durch sich hindurch, und die Temperatur nimmt daher sehr
nell ab. Aus diesem Grunde müssen wir uns erklären, wes-
lb die Wärme zwischen Genf und dem St. Bernhard im April
d Mai am schnellsten abnimmt, weil dieses die Jahreszeit ist,
welcher die Luft die größte relative Trockenheit hat [91]); hieraus
uß vielleicht auch die schnelle Temperaturabnahme in Ungarn her-
leitet werden. Aber es können hier so viel einzelne Umstände vor-

39) Lambert photometria p. 396.

90) Lambert deutscher Gelehrter Briefwechsel IV, 335.

91) Band I. S. 335.

[illegible] alles kommt [illegible] welcher die nieder[illegible] [illegible] Ist die Zahl dieser vor[illegible] [illegible] werden auch diese [illegible] da sie sowohl der leuch[illegible] [illegible] dunklen [illegible] entgegensetzen. [illegible] von Dalton in [illegible] werden. Von [illegible] in derselben Höhe [illegible] Erfolg bedin[illegible] [illegible] Sommer durch [illegible] des Bodens verhindert, hemmt [illegible] während sie also im [illegible] Temperatur erzeugt, wird [illegible]

[illegible] haben die meisten Natur[illegible] [illegible] Bindung oder Entbindung von Wärme [illegible] Rücksicht genom[illegible] [illegible], wie Dalton[92]), [illegible][93]), [illegible][94]), [illegible][95]), la Place[96]), [illegible][97]) und Andere [illegible], dieses Problem nebst dem [illegible] des Schalles allgemein [illegible]. [illegible] plötzlich auf ein grö[illegible] [illegible] Ausdehnung eine eben so [illegible], als bei ihrer [illegible] Wärme frei wird. [illegible] am Boden stark erwärmt werden, steigen sie in die Höhe, bei Verminderung des auf sie wirkenden Druckes wird Wärme gebunden, ihre Temperatur muß also sinken, während diejenigen Luftschichten, welche sich von oben in die Tiefe bewegen, bei Vergrößerung des Druckes einen kleinern Raum einnehmen, wodurch Wärme frei wird.

---

92) Gilbert's Annalen XIV, 101.
93) Ebend. LXVII, 252.
94) Annals of philos. XIV, 26 und Kurzer Bericht von Versuchen u. s. w. S. 13.
95) Ann. de Chimie XXII, 5.
96) Mécanique céleste V, 92.
97) Philos. Magaz. LXVI, 3 u. 81.

In seiner Abhandlung über die Geschwindigkeit des Schalles
immt Ivory zuerst das Gesetz, nach welchem Elasticität und
htigkeit einer Luftmasse von der Wärme abhängen, welche mit
in latenter Gestalt combinirt ist, und von der, welche frei nach
en wirkt. Wir wollen annehmen, daß die ursprüngliche Dich-
keit und Elasticität des Gases gleich der Einheit seyen; bei
em andern Zustande sey p die relative Elasticität, $\varrho = 1 \pm \omega$
relative Dichtigkeit. Sind nun h und h′ die Barometer-
ide, D und D′ die Dichtigkeiten in beiden Fällen, so ist

$$\frac{h'}{h} = p\,,\ \frac{D'}{D} = 1 \pm \omega.$$

ır τ die ursprüngliche Temperatur, ϑ der Temperaturunter-
ed, so ist $\tau + \vartheta$ die Temperatur im zweiten Falle. Bezeich-
α die Größe der Ausdehnung der Luft für einen Grad Wärme,
vird

$$p = \varrho \cdot \frac{1 + \alpha\tau + \alpha\vartheta}{1 + \alpha\tau}.$$

rd nun die Luft von der Dichtigkeit 1 plötzlich ausgedehnt, bis
Dichtigkeit $1 - \omega$ geworden ist, und nimmt diese wieder die
ere Temperatur an, so wird $1 - \omega$ zugleich das Maaß für
Elasticität der im Gefäße enthaltenen Luft. Bei dieser Aus-
nung entsteht plötzlich Kälte; ist daher i gleich der Zahl der
ıde, um welche das Thermometer bei diesem Vorgange sinkt,
t die Elasticität der Luft in demselben Augenblicke gleich

$$(1 - \omega)\,\frac{1 + \alpha\tau - \alpha i}{1 + \alpha\tau}.$$

re die Luft plötzlich verdichtet worden, und wäre dabei die
ıperatur um i Grade gestiegen, so hätten wir

$$(1 + \omega)\,\frac{1 + \alpha\tau - \alpha i}{1 + \alpha\tau}$$

ılten. Die Größe i ist hier völlig unabhängig von τ, sie ist
eine Function von der Aenderung des Volumens; wir können
Volumen oder die Dichtigkeit der Luftmasse daher als eine
ıction der Größe i ansehen, mithin setzen

$$\varrho = \varphi\left(\frac{1 + \alpha\tau + \alpha i}{1 + \alpha\tau}\right)$$

kommen, daß es kaum möglich ist, sie aufzuzählen; alles kommt hiebei auf die Höhe derjenigen Region an, in welcher die niedergeschlagenen Dämpfe am häufigsten sind. Ist die Zahl dieser vorzüglich in den untern Regionen angehäuft, so werden auch diese verhältnißmäßig am stärksten erwärmt, da sie sowohl der leuchtenden als dunkeln Wärme den größten Widerstand entgegensetzen. Vielleicht muß hierin der Grund für die schnelle von Dalton in England gefundene Temperaturabnahme gesucht werden. Von selbst aber wird begreiflich, daß Nebelschichten in derselben Höhe in den einzelnen Jahreszeiten einen sehr ungleichen Erfolg bedingen müssen; denn dieselbe Schicht, welche im Sommer durch ihre Gegenwart die Erwärmung des Bodens verhindert, hemmt im Winter die Erkaltung durch Strahlung; während sie also im Sommer eine schnelle Abnahme der Temperatur erzeugt, wird diese im Winter durch sie langsamer gemacht.

Bei Untersuchung dieser Abnahme haben die meisten Naturforscher besonders auf die Bindung oder Entbindung von Wärme bei der Ausdehnung oder Verdichtung der Luft Rücksicht genommen, und ausgezeichnete Physiker und Geometer, wie Dalton [92]), Prechtl [93]), Leslie [94]), Poisson [95]), la Place [96]), Ivory [97]) und Andere haben sich bemüht, dieses Problem nebst dem nahe verwandten über die Geschwindigkeit des Schalles allgemein aufzulösen. Wird eine gegebene Luftmasse plötzlich auf ein größeres Volumen gebracht, so entsteht bei dieser Ausdehnung eine eben so sichtbare Kälte, als bei ihrer Compression Wärme frei wird. Indem nun die Luftschichten zunächst am Boden stark erwärmt werden, steigen sie in die Höhe, bei Verminderung des auf sie wirkenden Druckes wird Wärme gebunden, ihre Temperatur muß also sinken, während diejenigen Luftschichten, welche sich von oben in die Tiefe bewegen, bei Vergrößerung des Druckes einen kleinern Raum einnehmen, wodurch Wärme frei wird.

---

92) Gilbert's Annalen XIV, 101.
93) Ebend. LXVII, 252.
94) Annals of philos. XIV, 26 und Kurzer Bericht von Versuchen u. s. w. S. 13.
95) Ann. de Chimie XXII, 5.
96) Mécanique céleste V, 92.
97) Philos. Magaz. LXVI, 3 u. 81.

In seiner Abhandlung über die Geschwindigkeit des Schalles stimmt Ivory zuerst das Gesetz, nach welchem Elasticität und ichtigkeit einer Luftmasse von der Wärme abhängen, welche mit r in latenter Gestalt combinirt ist, und von der, welche frei nach ßen wirkt. Wir wollen annehmen, daß die ursprüngliche Dichtkeit und Elasticität des Gases gleich der Einheit seyen; bei nem andern Zustande sey p die relative Elasticität, $\rho = 1 \pm \omega$ e relative Dichtigkeit. Sind nun h und h′ die Barometernde, D und D′ die Dichtigkeiten in beiden Fällen, so ist

$$\frac{h'}{h} = p \; , \; \frac{D'}{D} = 1 \pm \omega.$$

ar τ die ursprüngliche Temperatur, ϑ der Temperaturunterhied, so ist $\tau + \vartheta$ die Temperatur im zweiten Falle. Bezeicht α die Größe der Ausdehnung der Luft für einen Grad Wärme, wird

$$p = \rho \cdot \frac{1 + \alpha\tau + \alpha\vartheta}{1 + \alpha\tau}.$$

ird nun die Luft von der Dichtigkeit 1 plötzlich ausgedehnt, bis e Dichtigkeit $1 - \omega$ geworden ist, und nimmt diese wieder die ßere Temperatur an, so wird $1 - \omega$ zugleich das Maaß für e Elasticität der im Gefäße enthaltenen Luft. Bei dieser Aushnung entsteht plötzlich Kälte; ist daher i gleich der Zahl der rade, um welche das Thermometer bei diesem Vorgange sinkt, ist die Elasticität der Luft in demselben Augenblicke gleich

$$(1 - \omega) \frac{1 + \alpha\tau - \alpha i}{1 + \alpha\tau}.$$

äre die Luft plötzlich verdichtet worden, und wäre dabei die mperatur um i Grade gestiegen, so hätten wir

$$(1 + \omega) \frac{1 + \alpha\tau - \alpha i}{1 + \alpha\tau}$$

halten. Die Größe i ist hier völlig unabhängig von τ, sie ist r eine Function von der Aenderung des Volumens; wir können s Volumen oder die Dichtigkeit der Luftmasse daher als eine nction der Größe i ansehen, mithin setzen

$$\rho = \varphi \left(\frac{1 + \alpha\tau + \alpha i}{1 + \alpha\tau} \right)$$

wo $\varrho = 1$ wenn $i = 0$. Aber obgleich die Dichtigkeit einer Luftmasse blos von ihrer gebundenen Wärme abhängt, so wird ihre Temperatur sowohl durch die Aenderungen der Dichtigkeit als durch die aus fremden Quellen kommende Wärme modificirt. Sie wird wenigstens für einen Moment vermindert um alle bei der Verdünnung gebundenen, und vergrößert um alle bei der Condensation frei gewordenen Grade. Bezeichnet nun T die Temperatur, welche die Luftmasse wirklich hat, ϑ die aus äußern Quellen hinzukommende Wärme, so ist

$$T = \tau + i + \vartheta.$$

In unserer Atmosphäre sind ϑ und i zwei von einander abhängige Größen. Wird nämlich bei Ausdehnung der Luft Wärme gebunden, so strömt von allen Seiten Wärme in diese Masse, bis das Temperaturgleichgewicht wieder hergestellt ist. Substituiren wir daher den Werth von ϱ in die Gleichung p und setzen in diese den Werth von T, so wird

$$p = \varphi\left(\frac{1 + \alpha\tau + \varphi i}{1 + \alpha\tau}\right) \cdot \frac{1 + \alpha\tau + \alpha i + \alpha\vartheta}{1 + \alpha\tau} \qquad (A)$$

Es kommt jetzt darauf an, die Function φ zu bestimmen. Clement und Desormes haben hierüber eine Reihe von Versuchen angestellt. Bei dem Barometerstande h füllten sie ein Gefäß mit Luft, pumpten sodann einen Theil derselben aus, und nachdem die bei der Verdünnung gebundene Wärme wieder hergestellt war, fanden sie im Gefäße den Druck h'. Hierauf öffneten sie den Hahn und ließen so lange Luft einströmen, bis das Barometer wieder auf h gestiegen war. Die durch Condensation frei gewordene Wärme zerstreute sich nach und nach, und der Druck betrug nach Herstellung des Temperaturgleichgewichtes nur h''. Wir haben daher folgende Punkte zu beachten.

1) Druck, Dichtigkeit und Temperatur im Anfange seyen $p, \varrho, \tau + i + \vartheta$.

2) Ist ein Theil der Luft ausgepumpt, so verwandeln sich diese Größen nach Herstellung der äußern Temperatur in $p - \delta p$, $\varrho - \delta\varrho$, $\tau + i + \vartheta$.

3) Ist die Verbindung mit der äußern Luft hergestellt, bis das Barometer wieder auf h steht, so haben wir p,

$\varrho - \delta\varrho + \delta'\varrho$, $\tau + i + \vartheta + \delta' i$, wo $\delta'\varrho$ die Zunahme der Dichtigkeit, $\delta' i$ die durch Condensation gebundene Wärme bezeichnet.

4) Hat sich die Wärme $\delta' i$ zerstreut und ist also der Druck kleiner geworden, so haben wir die Grössen $p - \delta' p$, $\varrho - \delta\varrho + \delta'\varrho$ und $\tau + i + \vartheta$.

Im ersten, zweiten und vierten Falle sind die Temperaturen gleich, und da sich in diesem Falle die Elasticität wie die Dichtigkeit verhält, so haben wir

$$\frac{\delta p}{p} = \frac{\delta\varrho}{\varrho}, \quad \frac{\delta' p}{p} = \frac{\delta\varrho - \delta'\varrho}{\varrho},$$

mithin erhalten wir auch

$$\frac{\delta\varrho - \delta'\varrho}{\delta\varrho} = \frac{\delta' p}{\delta p} = \frac{h - h''}{h - h'}$$

also
$$e = \frac{h - h''}{h'' - h}, \quad \delta\varrho - \delta'\varrho = e \,.\, \delta'\varrho.$$

Im ersten und dritten Falle sind die Elasticitäten gleich, es sind also die Producte der Dichtigkeiten mit den Factoren für die Ausdehnung bei verschiedenen Temperaturen gleich; wir haben also

$$\frac{\delta\varrho - \delta'\varrho}{\varrho} = \frac{\alpha\delta' i}{1 + \alpha\tau + \alpha i + \alpha\vartheta}$$

und setzen wir für $\delta\varrho - \delta'\varrho$ den eben gefundenen Werth, so ist

$$e\frac{\delta'\varrho}{\varrho} = \frac{\alpha\delta' i}{1 + \alpha\tau + \alpha i + \alpha\vartheta}$$

Hier bezeichnet $\delta' i$ die Wärme, welche frei wird, während die Dichtigkeit um $\delta'\varrho$ wächst. Diese kleinen Aenderungen sieht Ivory als Differentiale an und durch Integration ergiebt sich

$$\varrho^e = C\,(1 + \alpha\tau + \alpha i + \alpha\vartheta).$$

Um die Constante zu bestimmen, setzt er $\vartheta = 0$, dann wird

$$\varrho^e = \frac{1 + \alpha\tau + \alpha i}{1 + \alpha\tau}$$

Aus den Versuchen von Clement und Desormes folgt $e = 0{,}3492$; eine Reihe Versuche von Gay-Lussac und

Weiter giebt $\omega = 0{,}37244$; im Mittel erhalten wir also sehr nahe $\omega = \frac{1}{4}$, und darnach wird

$$\rho = \left(\frac{1+\alpha\tau+\alpha i}{1+\alpha\tau}\right)^3.$$

Setzen wir diesen Werth von ρ in die Gleichung (A), so wird

$$p = \left(\frac{1+\alpha\tau+\alpha i}{1+\alpha\tau}\right)^3 \cdot \frac{1+\alpha\tau+\alpha i+\alpha\vartheta}{1+\alpha\tau} \qquad (B)$$

Hier ist τ die Temperatur an der Erdoberfläche, ϑ die von außen einströmende Wärme, i die Wärme, welche gebunden wird, wenn die Dichtigkeit aus 1 in $1-\omega$ verwandelt wird, also $\tau + i + \vartheta$ die an der obern Station. Um diesen Ausdruck anzuwenden, ist noch eine Gleichung nöthig, welche die Relation zwischen dem Drucke, der Dichtigkeit und der Höhe angiebt. Es sey also h der Barometerstand, D die Dichtigkeit der Luft in der Höhe x, während h′ und D′ dieselben Größen an der Oberfläche der Erde angeben. Daraus folgt

$$h = \int - D \,.\, dx.$$

Ist nun l die Höhe einer Atmosphäre, welche in ihrer ganzen Masse dieselbe Dichtigkeit D′ hat, und welche den Druck h′ ausübt, so ist $h' = lD'$ und

$$\frac{h}{h'} = \int - \frac{D}{D'} \cdot \frac{dx}{l}.$$

Verstehen wir unter l die Größe bei 0°, so wird diese bei jeder andern Temperatur $l(1+\alpha\tau)$, mithin

$$\frac{h}{h'} = \int - \frac{D}{D'} \cdot \frac{dx}{l(1+\alpha\tau)}.$$

Setzen wir daher $s = \frac{x}{l(1+\alpha\tau)}$, so wird

$$p = \int - \rho\delta s = \int - (1-\omega)\, ds \qquad (C)$$

Die Gleichungen (B) und (C) geben alle Relationen zwischen Druck, Temperatur, Dichtigkeit und Höhe einer Luftmasse in der im Gleichgewichte befindlichen Atmosphäre; alle Stücke hängen von i und ϑ ab, oder, setzen wir $t = i - \vartheta$, von i und t, und die ganze Untersuchung reducirt sich auf Bestimmung dieser beiden Größen.

Dalton glaubt nun, die Wärmemenge, welche dieselbe Luftmasse in irgend einer Höhe hat, sey allenthalben dieselbe, es sey also $\vartheta = 0$ und $i = t$. Jedoch stimmt dieses nicht mit den Erfahrungen; denn auf dem aerostatischen Ausfluge von Gay-Lussac fiel das Thermometer von 30°,8 auf —9°,5, also um 40°,3, während die Dichtigkeit von 1 auf 0,432, nahe $\frac{1}{2}$ sank. Nun ergiebt sich aus dem Ausdrucke für ρ die Gleichung

$$i = \frac{1+\alpha\tau}{\alpha}\left(1 - \rho^{\frac{1}{3}}\right)$$

mithin für $\rho = \frac{1}{2}$ und $\tau = 31°$ wird $i = 61°$, also 21° zu groß. Stimmt Dalton's Hypothese also nicht ganz mit der Erfahrung überein, so spricht noch ein anderer Umstand gegen ihre Richtigkeit. Da nämlich keine Wärmemittheilung zwischen den sich berührenden Lufttheilchen Statt findet, so folgt, daß ihre Elasticität dieselbe ist, möge sie in Ruhe oder in Bewegung seyn; eine einmal in Bewegung gesetzte Luftmasse würde ihre Bewegung daher stets auf dieselbe Art fortsetzen und nie zur Ruhe kommen, der Erfahrung ganz zuwider.

Ivory nimmt daher an, daß noch von außen her eine Mittheilung der Wärme Statt findet. In einem verschlossenen Gefäße ist nun die Elasticität im Augenblicke der Verdünnung gleich $(1-\omega)^{\frac{4}{3}}$, späterhin wenn die Luft wieder die äußere Temperatur erlangt hat, gleich $1-\omega$; bei dem Uebergange von der einen dieser Größen zu der andern erhält also die Elasticität jede Zwischengröße. Ist daher $\varphi(\rho)$ oder $\varphi(1-\omega)$ eine Function der Dichtigkeit, so können wir vermittelst der Gleichung (C) eine Atmosphäre construiren, in welcher sowohl Elasticität und äußerer Druck gleich $\varphi(1-\omega)$ ist, wenn die Dichtigkeit $1-\omega$ ist. Die Zahl der Atmosphären, welche auf diese Art construirt werden kann, ist sehr groß, jede derselben aber hat das Eigenthümliche, daß die Wärme langsamer abnimmt, als es nach den Gesetzen der bloßen Verdünnung geschehen sollte, was auch die Erfahrung wirklich bestätigt. Bewegt sich in einer solchen Atmosphäre eine gegebene Luftmasse, welche wärmer ist als die umgebenden, nach oben, so wird ihre Temperatur theils durch Absorption bei der Ausdehnung, theils durch Abgeben an die benachbarten Luftschichten vermindert, bis sie endlich der der umgebenden Massen gleich

wird. Ist die Luft endlich bis zu diesem Punkte gekommen und hat sie noch nicht alle ihre Bewegung verloren, so können wir sie in ihrem weitern Fortgange mit den Lufttheilchen vergleichen, welche sich an den verschiedenen Stellen im Zustande des Geichgewichts befinden. Es ist einleuchtend, daß der Druck an demselben Punkte des Raumes größer ist, möge die Luft sich im Zustande der Ruhe oder der Bewegung befinden; anders ist es mit der Menge der mitgetheilten Wärme, indem diese bei bewegter Luft kleiner ist, als bei ruhender, und zwar desto mehr, je schneller diese Bewegung ist. In dem Falle, wo von der Luft mehr Wärme erlangt wird, ist auch die Elasticität größer. Da also die Elasticität der aufsteigenden Luftmasse geringer ist, als der äußere Druck, und da ferner der Unterschied beider Kräfte das Aufsteigen verhindert, so wird die Geschwindigkeit endlich zerstört. Wenn sich umgekehrt eine Luftmasse nach unten bewegt, so giebt sie einen Theil ihrer Wärme ab, ihre Elasticität ändert sich schneller als der Druck, sie kommt endlich zur Ruhe. Wir erkennen hieraus also hinreichend die Möglichkeit eines stabilen Gleichgewichtes und sehen, daß eine bewegte Luftmasse endlich zur Ruhe kommen müsse, und die Hypothese, daß die Wärmemenge, welche beim Aufsteigen einer Luftmasse durch Verdünnung absorbirt wird, größer ist, als der Temperaturverlust, erhält einen hohen Grad von Wahrscheinlichkeit.

Ist nun i die Wärme, welche beim Aufsteigen bis zu einer Höhe x absorbirt wird, ϑ die von den umgebenden Körpern einströmende, und t der Wärmeverlust, so ist $i - \vartheta = t$; wird diese Größe in die Gleichung (B) substituirt, so wird

$$p = \left(\frac{1+\alpha\tau-\alpha i}{1+\alpha\tau}\right)^3 \cdot \frac{1+\alpha\tau-\alpha t}{1+\alpha\tau}, \quad \varrho = \left(\frac{1+\alpha\tau-\alpha i}{1+\alpha\tau}\right)^3$$

wo ϱ die Dichtigkeit und p die Elasticität in der Höhe x ist. Da nun die Atmosphäre im Zustande des Gleichgewichtes ist, so wird der Druck gleich p, und die Größen p, i, t ändern sich zugleich, weil sie alle von x abhängen. Durch Differentiation erhalten wir also

$$-\frac{dp}{\varrho} = \frac{\alpha dt}{1+\alpha\tau}\left\{3\,\frac{di}{dt}\cdot\frac{1+\alpha\tau-\alpha t}{1+\alpha\tau-\alpha i}+1\right\}.$$

Aus der oben gegebenen Gleichung $s = \frac{x}{l(1+\alpha\tau)}$ folgt

$$-\frac{dp}{\varrho}=ds=\frac{dx}{l(1+\alpha\tau)}.$$

Werden daher beide Werthe von $-\frac{dp}{\varrho}$ genommen, so wird

$$\frac{dx}{dt}=\alpha l\left\{3\frac{di}{dt}\cdot\frac{1+\alpha\tau-\alpha t}{1+\alpha\tau-\alpha i}+1\right\} \qquad (D)$$

Die größte Schwierigkeit liegt hier in der Bestimmung der Relaion zwischen i und t. Da nun t kleiner ist als i, so wollen wir $=(1-\beta)$ i setzen; dann ist

$$\frac{1+\alpha\tau-\alpha t}{1+\alpha\tau}=\beta+(1-\beta)\frac{1+\alpha\tau-\alpha i}{1+\alpha\tau}.$$

Ist ferner $\tau'=\tau-t$ die Temperatur der obern Station, so ist

$$\left.\begin{array}{l} p=\beta\left(\frac{1+\alpha\tau-\alpha i}{1+\alpha\tau}\right)^3+(1-\beta)\left(\frac{1+\alpha\tau-\alpha i}{1+\alpha\tau}\right)^4 \\ \frac{1+\alpha\tau'}{1+\alpha\tau}=\beta+(1-\beta)\frac{1+\alpha\tau-\alpha i}{1+\alpha\tau} \end{array}\right\} \qquad (E)$$

Wäre hier $\beta=0$, so würde $t=i$, also wir kommen auf Dalon's Hypothese, wäre $\beta=1$, so würde $t=0$; die Temperaur würde daher allenthalben gleich seyn, beides nicht der Natur ntsprechend. Setzen wir nun in die Gleichung (D) die eben geundenen Größen, so erhalten wir

$$\frac{dx}{dt}=\alpha l\left\{4+\frac{3\beta}{1-\beta}\cdot\frac{1+\alpha\tau}{1+\alpha\tau-\alpha i}\right\}$$

Wir sehen hieraus, daß $\frac{dx}{dt}$ mit i wächst, daß also die Wärme esto langsamer abnimmt, je höher wir steigen. An der Oberläche der Erde finden wir nahe 90 Toisen für eine Temperaturinderung von einem Grade; es ist also $\frac{dx}{dt}=90$, $i=0$ $=\frac{3}{800}$ und l nahe 4500 Toisen, also $\beta=\frac{4}{131}$, nahe 0, 3.

Wir wollen diesen Werth in die Gleichungen (E) setzen, der Kürze halber aber schreiben $\frac{\alpha i}{1+\alpha\tau}=u$, $1-\beta=0{,}7=f$, ann werden die Gleichungen (E)

$$p=(1-u)^3(1-fu)\,,\quad \frac{1+\alpha\tau'}{1+\alpha\tau}=1-fu, \text{ folglich}$$

$$\log.\frac{1}{p}:\log.\frac{1+\alpha\tau}{1+\alpha\tau'}=1+3\left\{\log\frac{1}{1-u}:\log\frac{1}{1-fu}\right\}.$$

Setzen wir auf der rechten Seite des Gleichheitszeichens für die Logarithmen ihre Werthe, so erhalten wir annähernd

$$\log . \frac{1}{p} : \log . \frac{1+\alpha\tau}{1+\alpha\tau'} = \frac{3+f}{f} + \frac{3(1-f)}{2f(3+f)} . \log \frac{1}{p}$$

oder wenn wir für f den obigen Zahlenwerth setzen,

$$\log . \frac{1}{p} : \log \frac{1+\alpha\tau}{1+\alpha\tau'} = 5\tfrac{2}{7} + \tfrac{45}{259} . \log \frac{1}{p}$$

wo aber das letzte Glied so klein ist, daß es nur in großen Höhen Einfluß erhält. Vergleicht man indessen die nach diesem Ausdrucke berechneten Größen mit denen, welche die Beobachtung giebt, so finden wir zum Theil sehr bedeutende Differenzen.

Die größte Schwierigkeit bei Untersuchung dieses letztern Punktes liegt in der Feststellung des Verhältnisses zwischen t und i; es ist die Frage, ob die Größe β für alle Werthe von i constant sey. So viel sehen wir indessen, daß diese Wärmeabnahme mit der Höhe noch keinesweges erklärt ist. Wären selbst bei Betrachtung dieser letzteren Ursache alle erforderlichen Größen mit einer Schärfe bestimmt worden, welche nichts zu wünschen übrig ließe, so ist die Frage, ob wir selbst in dem Falle, wo in den verschiedenen Luftschichten nicht verschiedene Strömungen von ungleicher Temperatur vorhanden sind, die Wärmeabnahme hinreichend genau angeben könnten. Es wird hiebei vorausgesetzt, daß die erwärmten Luftschichten sogleich in die Höhe steigen, so wie dieses die Temperaturdifferenz erfordert. Dieses aber scheint nicht vollkommen der Fall zu seyn. Die obern Luftschichten werden diesen aufsteigenden Massen anfänglich einen mehr oder weniger bedeutenden Widerstand entgegensetzen, die Abnahme der Temperatur wird daher von dem allgemeinen Gesetze abweichen; sind aber diese Luftmengen im Aufsteigen begriffen und haben sie eine gewisse Geschwindigkeit erreicht, dann werden sie sich nach dem Gesetze der Trägheit bis zu Höhen bewegen, welche größer sind, als diejenigen, welche die Temperaturdifferenz erfordert. Es ist hier gewissermaßen derselbe Fall, als der, welchen wir in dem sogenannten Seegrunde in der Nähe von Flüssen treffen. Nach dem Gesetze der communicirenden Röhren sollte das Wasser in den Brunnen stets dasselbe Niveau mit der Oberfläche des Flusses haben; der Widerstand, welchen das Wasser in den engen Kanälen findet,

ist Ursache, daß die Brunnen bedeutend später steigen oder sinken, als der Fluß. Behalten wir diese Thatsache vor Augen, so ergiebt sich vielleicht hieraus außer der bereits erwähnten ungleichen Durchsichtigkeit der Luft die ungleiche Wärmeabnähme zu verschiedenen Tageszeiten.

Es ist häufig gefragt worden, ob die Luft in derselben Höhe stets einerlei Wärme habe, mögen die Versuche nun in freier Atmosphäre oder in der Nähe von Bergen angestellt werden. Weder theoretische Untersuchungen noch Beobachtungen haben uns bisher Mittel an die Hand gegeben, diese Frage genügend zu beantworten. Die Messungen über die Abnahme der Temperatur zeigen noch zu große Differenzen, die Zahl der in freier Luft angestellten Thermometerbeobachtungen ist zu klein, als daß sich hierüber etwas entscheiden ließe. Auf der andern Seite läßt uns die Theorie ganz im Stiche. Betrachten wir die aus der ungleichen Wärme-Capacität folgende Erkaltung, so wird dadurch gar keine oder doch nur eine sehr geringe Differenz bedingt, während die vom Boden ausstrahlende Wärme hierauf einen sehr großen Einfluß ausübt. Die größere Hitze der Sonnenstrahlen, welche sich wegen geringerer Schwächung des direct ankommenden Lichtes auf hohen Bergen zeigt, ist eine allen Reisenden wohl bekannte Thatsache [98]), und eben dieses bestätigen Sabine's directe Messungen auf Jamaica, indem nach diesen der Unterschied zwischen den Angaben eines im Schatten und eines zweiten in der Sonne hängenden Thermometers in der Höhe weit größer waren, als am Ufer des Meeres [99]). Muncke folgerte aus dieser Erfahrung, daß durch Einwirkung dieser Ursache die Luft auf hohen Bergen wärmer seyn müßte, als in der Tiefe. Jedoch zeigt schon der von Saussure, Bouguer und Andern erwähnte Umstand, daß die Luft schneidend kalt sey, wenn man aus der Sonne in den Schatten trete, daß die Atmosphäre selbst hier wenig erwärmt werde, daß vielmehr nur die Einwirkung dieser Strahlen auf feste und undurchsichtige Körper so groß sey. Auf der andern Seite

98) Saussure Reisen durch die Alpen IV, 107 u. 931. Bouguer Voyage in figure de la terre p. LI u. LIII.

99) Daniell Essays p. 219. Sabine account of experiments to determine the figure of the earth p. 507 bei Muncke in Gehler's Wörterb. III, 1045.

müssen wir erwägen, daß eben diese Körper, welche am Tage so stark von der Sonne erhitzt werden, in der Nacht sehr leicht Wärme ausstrahlen, was bei der dünnen Luft um so leichter geschehen muß, da die Dichtigkeit der Luft nach den Versuchen von Dulong und Petit auf die Schnelligkeit der Erkaltung großen Einfluß hat [100]). Wenn der Boden auf hohen Bergen sehr stark erwärmt wird, dann wird die zunächst liegende Luft allerdings an dieser höhern Temperatur Theil nehmen, aber eben diese Luft steigt nun in die Höhe, kalte Luftmassen sinken in die Tiefe, weit leichter als dieses auf ebenem Boden geschehen kann, da die Neigung des Berges selbst diese Bewegungen begünstigt. Je steiler die Böschung der Höhe ist, desto leichter können diese Bewegungen vor sich gehen, desto schneller nimmt die Temperatur ab, ganz den Erfahrungen von Saussure gemäß [1]). Je zerrissener die Oberfläche ist, je steiler die Wände ansteigen, desto größer wird der Gegensatz zwischen der Temperatur der von der Sonne beschienenen und der im Schatten liegenden Theile seyn, desto leichter werden solche Winde entstehen, die Temperatur hier also schneller abnehmen.

Diese Winde zeigen uns zugleich hinreichend, daß die Wärme, welche bei Compression oder Verdünnung der Luft gebunden oder entbunden wird, nicht allein im Stande ist, uns einen genügenden Grund für die Abnahme der Temperatur zu geben. Es ist eine allen Gebirgsbewohnern und allen Reisenden bekannte Thatsache, daß, wenn Luftmassen von der Höhe in die Tiefe stürzen, die Temperatur ungemein tief sinkt [1a]). Es ist ferner mehr als wahrscheinlich, daß bei heftigen durch einen großen Theil der Atmosphäre verbreiteten Winden die Temperaturabnahme einem ganz andern Gesetze folgt, als bei windstillem Wetter, weil im erstern Falle Luftschichten von sehr ungleicher Temperatur mit einander gemischt werden. Selbst wenn wir den Einfluß der Strahlung ganz übersehen, so läßt schon die Untersuchung von Ivory nach den Bemerkungen dieses ausgezeichneten Geometers eine sehr große

---

100) Dulong und Petit im Journal de l'école polyt. XI, 251 fg.

1) Saussure Reisen IV, 117. §. 935.

1a) Muncke in Gehler's Wörterb. III, 1061. Schmidt mathem. u. phys. Geogr. II, 302.

Menge von Hypothesen über die Constitution der Atmosphäre zu. Es kann dann namentlich bei windstillem Wetter geschehen, daß die aufsteigenden Luftmassen in mäßigen Höhen einen sehr bedeutenden Widerstand erleiden, und daß die Wärme weit schneller abnimmt, als es nach den allgemein gültigen Gesetzen geschehen sollte. Die Luftmassen stehen dann in einem labilen Gleichgewichte, es bedarf nur einer mäßigen Kraft, um dieses zu heben; ist dieses geschehen, so stürzen mit Gewalt Luftmassen aus den obern Regionen in die Tiefe und die Wärme sinkt sehr schnell, wie wir dieses namentlich bei den Gewittern und Orcanen sehen.

Wenn nach der Mitte des Januars die Temperatur der Atmosphäre aufs Neue steigt, so schmilzt der Schnee in der Tiefe weg, während das Wasser auf höher liegenden Bergen noch meistens in fester Gestalt herabfällt. So wie die Wärme der Luft mit der Sonnenhöhe wächst, steigt die untere Gränze des Schnees höher, sie erreicht ihr Maximum zur Zeit der größten Temperatur oder etwas später im August, späterhin ist die Wärme nicht mehr im Stande, den neu gefallenen Schnee bis zu größern Höhen zu schmelzen, die Schneelinie sinkt nach und nach tiefer gegen die Ebenen. Jene größte Höhe, in welcher der Schnee eben geschmolzen war, bezeichnet man mit dem Namen der Schneegränze.

Bei Betrachtung der Schneegränze muß man die eigentlichen Glätscher*) wohl von den Schneefeldern unterscheiden. Die Glätscher sind wahre Eismassen, deren Oberfläche sehr rauh, deren Inneres sehr porös ist. Die Härte dieses Eises ist weit geringer, als die des Eises, welches durch das Gefrieren von tropfbar flüssigem Wasser entsteht, es hat ganz das Ansehen, als ob diese Massen durch Schnee entstanden wären, welcher von Wasser durchdrungen wurde, das in der Folge gefror. Vorzugsweise werden sie in engen Thälern mit steil ansteigenden Wänden getroffen, und daher sind es in den Hochgebirgen besonders die Querthäler, in denen wir Glätscher finden. Wenn auf den hohen Alpen während des größten Theils des Jahres Schnee fällt, so

*) Das Wort Glätscher stammt von dem französischen Glacier her, ist also Eismasse. In Tyrol heißen sie Ferner, in Steyermark und Kärnthen Keesse.

bleibt dieser nicht auf den jähen Abhängen liegen, Winde oder Lauwinen führen ihn in mehr oder weniger zusammenhängenden Massen in die Tiefe der Thäler. Der durch diese zwei Ursachen im Winter in dem Grunde der hohen Thäler angehäufte Schnee, welcher durch sein eigenes Gewicht stark zusammengepreßt wird, bleibt hier fast ohne eine Veränderung, bis die Wärme des Sommers einen Theil dieses Schnees schmilzt. Aber zu bedeutend sind diese Massen, als daß sie in einem einzigen Jahre geschmolzen werden könnten; nur auf der Oberfläche, wo die Sonne mit größter Energie wirkt, oder am Boden, wo die Wärme des Gesteins einwirkt, findet eine lebhafte Schmelzung Statt. In kurzer Zeit wird der Schnee ganz von Wasser durchdrungen und im folgenden Winter wird die ganze Masse in ein poröses Eis verwandelt. Diese Glätschermasse ist auf ganz eigenthümliche Weise aus Krystallen zusammengefügt, die vor dem Auflösen der Gesammtmasse so in ihrem Gefüge gegen einander sich auflockern, daß nicht nur am untern Rande abgerissene Glätscherfragmente, sondern auch oft die Ränder der Glätscher, vorzüglich wo sie in Vorsprünge und Kanten auslaufen, in bedeutender Masse beweglich sind. Auch bei dem lockersten Zusammenhängen der Krystalle und ihrer Beweglichkeit gegen einander fallen sie doch nicht aus einander; ja es braucht bedeutende Gewalt, einen Krystall aus der Masse zu trennen, und ohne ihn zu zerbrechen wird man kaum seine Absicht erreichen. Denn die Krystalle sind gleichsam nach allen Lagen und Richtungen gelenkförmig in einander gehängt, und jeder hilft seinen Nachbar in die Masse einkeilen. Ist aber nur ein Krystall herausgehoben, kann man sehr leicht einen nach dem andern mit den Fingern wegnehmen und so die ganze Masse abtragen. Auch zerfällt die Masse, wenn einige Krystalle aus der Verbindung gehoben, meist von selbst in Haufen [2]).

Von den Höhen erstrecken sich die Glätscher, deren Natur früher von Gruner und Saussure, neuerdings von F. J. Hugi mit Umsicht studirt wurden, bis zu bedeutender Tiefe [2a]). Ge-

2) Aus Hugi's naturhistorischer Alpenreise in Berghaus Annalen III, 292.

2a) Gruner Eisgebirge des Schweizerlandes. 8. Bern 1760. 3 Bde. Saussure Reisen durch die Alpen. Kap. VII. Bd. II. S. 198. §. 518. Hugi in Berghaus Annalen III, 286.

Gestalt der Thäler und Böschungswinkel der Thalwände bestimmen die Meereshöhe, bis zu welcher sich die Glätscher von den Eismeeren der Gebirgsmassen herabziehen. Je steiler das Gebirge ansteigt, je schmäler das Thal wird, desto geringer wird die Höhe ihrer untern Gränze, welche sich öfter neben üppig wachsenden Wäldern befindet. Daher finden wir in den Alpen vorzugsweise die Querthäler durch solche Eismassen ausgezeichnet [2c]. Hugi hat von mehreren Gläischern die Gränzen angegeben [3]: 1) Der untere Grindelwaldglätscher. Zwischen dem Eiger- und Mettenberg senkt er sich Anfangs sanft, dann aber in äußerst wilden Formen herab unter das Dorf Grindelwald zu einer Meereshöhe von 533^t; 2) der obere Grindelwaldglätscher, ebenfalls zerrissen und wild, aber kaum eine Tiefe von 670^t (4000′) erreichend; 3) der Rosenlauiglätscher zwischen das Well- und Stellihorn eingeengt, steigt jäh und erreicht die Tiefe von 800^t; 4) der Gauliglätscher erreicht die Tiefe von 830^t nicht; 5) der Unteraarglätscher, an seinem Ausgange 921^t hoch, steigt sehr sanft herab und theilt sich oben in den Lauter- und Finsteraarfirn; 6) der Oberaarglätscher kommt jähe zwischen den Strahlhörnern und dem Zinkenstocke herab, ohne jedoch über Felsen sich zu stürzen, und erreicht eine Tiefe von 1330^t; 7) der Vieschergläscher drängt sich in den wildesten Formen herunter und liegt mit seinem Ausgange 692^t hoch; 8) der Großaletschglätscher scheint eben so tief zu steigen; 9) der Lötschglätscher verliert sich bei 967^t Höhe; 10) der Tschingel hat sein Ende bei 925^t; 11) der Gasternglätscher bei 890^t Höhe; 12) der Rhoneglätscher bei 916^t; und 13) der Steinenglätscher bei 990^t Höhe.

Es giebt noch eine zweite Klasse von Glätschern, welche auf der Oberfläche der Höhen liegen; meistens füllen sie jäh herabsteigende Gebirgstobel aus, welche von den wildesten Gräten herabsteigen und über den höchsten Alpen sich wieder verflächen [3a]. Das von ihnen gebildete Eis ist noch poröser als das der ersten Klasse, aber sie steigen nur selten bis unter 1167^t Höhe herab.

2c) Saussure Reisen II, 204. §. 522.

3) Berghaus Annalen III, 290.

3a) Saussure Reisen II, 212. §. 529. und Hugi in Berghaus Annalen III, 291.

Aehnlich verhält es sich mit den sogenannten Schneeg[ru]ben, in denen der Wind im Winter viel Schnee anhäuft, we[lcher] im folgenden Sommer nicht geschmolzen wird [4]). Fast auf [allen] mäßigen Gebirgen finden wir solche, wie auf dem Schneek[oppe] im Riesengebirge, dem Schneeberge bei Wienerisch-Neustadt [und] an andern Orten. Diese Schneegruben liefern uns gewissermaßen Miniaturbilder von Glätschern und dürfen mit dem ewigen Sc[hnee] der Hochgebirge nicht verwechselt werden.

Die Glätschermasse im Großen betrachtet erscheint blau, [wel]ches je nach der Mächtigkeit der Masse vom zartesten, kaum n[erk]baren Himmelblau durch sanftes Schmalteblau bis zum ausgez[eich]netsten Lasur fortschreitet. An einigen Glätschern mischt sic[h in] das Lasur ein sanftes Meergrün, das nicht selten über das [Blau] vorherrscht [4a]). Je höher wir aber hinaufsteigen, desto m[atter] wird das Blau. Dabei zeigt sich noch eine andere wichtige [Verän]derung. Verfolgen wir einen Glätscher, welcher von der [Höhe] bis zu bedeutender Tiefe herabsteigt, so werden die Eiskryst[alle] nach oben immer kleiner; am Aletsch ist das Korn weit gröber [als] am Rosenlaui; dort fand Hugi unter dem Elsenhorn Kryst[alle] über 2″ groß; schon eine Stunde weiter aufwärts, am Mör[el]see, waren sie nur stark nußgroß; noch zwei Stunden weiter, [am] Faulhorn, waren sie noch viel kleiner. Und eben dieses zeigt [sich] an allen Glätschern [5]).

Wenn man auf diese Art die Eisberge nach oben verfo[lgt], so trifft man endlich eine körnige, lockere Schneemasse, welche [die] Schweizer mit dem Namen Firn bezeichnen [6]). Die Höhe, in [wel]cher diese Masse gefunden wird, beträgt mehr als 1200ᵗ. W[enn] die Sonne hier scheint, so verdunstet das durch Schmelzen [des] Schnees gebildete Wasser ungemein schnell, die Schneem[asse] selbst runden sich zu feinen Körnern ab. Dabei lockert sich [der] Firn mehrere Fuß tief so auf, daß er auf der Hand wie Hanfkör[ner] aus einander fällt; in der Nacht wird dann die Masse durch

4) Buch in Gilbert's Annalen XLI, 2.

4a) Hugi bei Berghaus Annalen III, 295.

5) Ebend. S. 294.

6) Ebend. S. 287.

Kälte wieder fest [7]). Wird etwas oberhalb der Glätscher dieser Firn aufgegraben, so findet man ihn schon in der Tiefe von einigen Fußen als glätscherartige Masse; je größer aber die Meereshöhe wird, desto tiefer liegen die Schichten, in denen diese Umwandlung eintritt [8]). Auf den höchsten Spitzen treffen wir also eigentlichen Schnee, welcher zwar von weitem betrachtet ganz das glänzende Ansehen der Glätscher haben kann, aber sich bei näherer Untersuchung als Schnee zu erkennen giebt [9]).

Die Höhe, in welcher dieser Firn erscheint und für welche Hugi die Benennung Firnlinie vorschlägt, ist das, was man gewöhnlich Schneelinie heißt. Eigentliche Glätscher erheben sich nicht mehr bis zu ihr; in einer Höhe von 1270 Toisen (7600′) verwandeln sich in den Alpen die Glätscher schnell in Firn. Diese Firnlinie hat nach den sorgfältigen Untersuchungen von Hugi in den Alpen eine constante Höhe, was weit weniger von derjenigen Höhe der Fall ist, in welcher der Schnee nicht mehr geschmolzen wird. Während letztere an südlichen Abhängen gegen 10000′ hoch steigt, sinkt sie an der nördlichen zur Glätscherlinie herab; wo sie in diesem Jahre höher steigt, senkt sie im nächsten Jahre sich tiefer; dagegen fand dieser Beobachter bei seinen mehrjährigen Glätscherwanderungen nicht nur jedes Jahr die Firnlinie an demselben Orte auffallend gleich, sondern eine Menge Höhenbeobachtungen an jener Linie zeigen, daß sie nach jeder Richtung sich gleich bleibe, daß weder nördlicher noch südlicher Abhang, noch andere Einflüsse sie zu erheben oder herabzurücken vermögen, daß sie mithin vorzugsweise durch eine bestimmte Höhe in der Atmosphäre bedingt sey. Oberhalb des gegen Norden herabsteigenden Grindelwaldglätschers fand er sie zwischen dem Wengenkopf und Schreckhorn in einer Höhe von 1269^t. Oberhalb Rosenlaui neben dem Tosenhorn zeigte die Beobachtung sie 1272^t hoch. Auf dem Unteraarglätscher läuft sie nach vielen gleichzeitigen Beobachtungen in einer Höhe von 1280^t, auf dem Oberaarglätscher fand er sie jedes Jahr bei 1283^t. Auch die Beobachtungen an den gegen

7) Hugi bei Berghaus Annalen III, 298. Saussure Reisen II, 214. §. 530. Buch in Gilbert's Annalen XLI, 15.

8) Hugi l. l. S. 294.

9) Saussure Reisen II, 214. §. 530.

Süden herabsteigenden Glätschern liefern ähnliche Resultate. A Münsterglätscher beginnt der Firn bei 1280^t, am Vieschergl scher eine halbe Stunde unter dem Rothhorn bei 1282^t, Aletsch zwischen dem Faul- und Aletschhorn bei 1283^t, Lötschglätscher bei 1283^t, am Tschlingel bei 1283^t, und Gaster bei 1277^t Höhe. So läßt es sich im Allgemeinen ann men, daß bei 1267^t der ewige Firn beginne und daß man bei 1280^t ganz in seiner Region befinde. In den penninisc Alpen scheint die Firnlinie schon um etwas höher zu steigen, wer stens liefern die Beobachtungen am Gries und an den Kämn des Binnenthales fast eine Höhe von 1300^t 10).

Vergleichen wir mit diesen Bestimmungen die Höhe Schneegränze, wie sie andere Beobachter für die Alpen mitthei so finden wir mehr oder minder bedeutende Abweichungen. Z Theil mag wohl der Umstand, daß die Schneegränze von Firnlinie nicht gehörig unterschieden wurde, einen Grund für Differenzen angeben. Aber noch andere Ursachen scheinen d ungleiche Höhe zu bedingen. Es ist gewiß, daß gewaltige S massen die umgebende Atmosphäre erkalten und dadurch die Schn gränze deprimiren. Daher finden wir, daß die Schneelinie solchen Bergen, welche weit in die Region des ewigen Schn hineinreichen, niedriger liegt, als auf solchen, welche d Gränze kaum übersteigen 11). Und ganz dasselbe fand Ramo in den Pyrenäen bestätigt, er glaubt sogar, daß die Schneegrä über die Breite der Pyrenäen weg eine Curve bilde, die nach obe concav von der einen Seite des Gebirges nach der andern fortz und deren Scheitel in der Mitte des Gebirges selbst liege, da hier umgebenden Schneemassen nothwendig zur Erkaltung der Luft zur Depression der Schneegränze beitragen müssen 12). Auch die Depression der Schneegränze auf dem Folge-Fonden-Fieldt im lichen Norwegen glaubt Buch aus der Einwirkung der weit a gedehnten Schneefelder ableiten zu müssen 13). Hieraus mü wir es uns endlich auch erklären, weshalb manche schnell an

10) Hugi l. l. S. 289.

11) Saussure Reisen durch die Alpen VI, 123. §. 942.

12) Ramond bei Buch in Gilbert's Annalen XLI, 19.

13) Buch l. l. p. 15.

gende Gebirge von geringer Ausdehnung uns keinen ewigen Schnee zeigen, obgleich ihre Höhe so beschaffen ist, daß wir ihn wahrscheinlich auf ausgedehntern Gebirgen in eben diesen Gebirgen antreffen würden, wie dieses namentlich von den Karpathen nach den Erfahrungen Wahlenberg's [14]) und v. Sydow's [15]) gilt. Eben dieses zeigt uns der Mauna Roah auf Hawaii [16]), welcher eine Höhe von 2580ᵗ hat, also in die Region des ewigen Schnees reicht, ohne diesen zu haben.

Da die Schneegränze hauptsächlich durch die Temperatur des Sommers bedingt wird, so ist von selbst begreiflich, daß ihre Höhe uns ähnliche Oscillationen zeigen wird, welche wir bei der Temperatur der Sommermonate in verschiedenen Jahren treffen. In kalten Sommern wird sie niedriger liegen, als in warmen. Diese Oscillationen werden desto kleiner, je näher wir dem Aequator kommen [17]). Während in mittlern und höhern Breiten die Mittel mehrjähriger Messungen zur scharfen Fixirung dieser Größe erforderlich sind, so genügen wenige Messungen in den Aequinoctialgegenden zur Bestimmung dieses Punktes.

Je weiter wir nach Norden gehen, je geringer also die Temperatur wird, desto näher rückt die Schneegränze dem Boden. Aber in derselben Breite ist dieser Abstand von der Oberfläche des Meeres nicht immer gleich, je mehr sich die Isotheren nach Norden bewegen, desto höher rückt die Schneegränze. Während diese nach Ramond am Neuvielle und dem Mont perdu in den Pyrenäen eine mittlere Höhe von 1360ᵗ hat, steigt sie am Elbrus im Caucasus nach Kupffer, Engelhardt und Parrot bis zu 1700ᵗ, obgleich hier im Innern des Continentes bei derselben Breite die mittlere Temperatur der Luft geringer ist, als im westlichen Europa. Außer der durch lebhaftere Erwärmung im Sommer bedingten Erhebung der Schneegränze im Caucasus scheint auch der hygrometrische Zustand der Luft hiebei eine Rolle zu spielen. Fehlen auch directe Messungen, so ist es doch mehr als wahrscheinlich, daß der Dampfgehalt der Luft, so wie die Menge

---

14) Wahlenberg Flora Carp. p. CVIII.

15) v. Sydow Reise in die Beskiden und Central-Carpathen.

16) Humboldt in Tidsskrift for Naturvidensk. I, 94.

17) Humboldt Observ. astr. I, 136.

des herabfallenden Schnees im Caucasus, geringer ist, als in den Pyrenäen; dort kann daher die kleinere Schneemenge leichter bis zu größeren Höhen weggeschmolzen werden, als hier, indem hier derselbe Umstand eintritt, welchen wir bei den Glätschern erwähnten. Selbst der Niederschlag neuer Schneemassen während des Sommers und die dadurch bedingte Depression der Schneegränze ist in den Pyrenäen leichter möglich, als am Elbrus. Eben dieses fand Wahlenberg in den lappländischen Alpen, indem hier die Schneegränze auf der norwegischen Seite 616ᵗ, auf der schwedischen 643ᵗ betrug. In Bergens Stift fanden Schouw und Smith für die Schneegränze eine Höhe von 800ᵗ, in Tellemarken auf der Ostseite des Gebirges 916ᵗ [18]).

Nirgends aber ist die Anomalie und der Unterschied in dem Verhalten der Schneegränze in dem Continental- und Küstenklima so groß, als im Himalaya. In einer frühern Abhandlung hatte Humboldt sie auf der Südseite dieser Bergkette zu 1900ᵗ bestimmt [19]); aber der englische Reisende Webb fand bei Kedarnath (1875ᵗ) und Milem (1843ᵗ) noch Föhren und andere Bäume nebst Alpenrosen (Rhododendra), und im Passe Pilgointi-Churhai (1986ᵗ) noch eine üppige Vegetation; die Schneegränze muß daher höher angesetzt werden; inzwischen meint Humboldt, daß sie nicht über 1970ᵗ angesetzt werden dürfe, da der Schnee im Anfange des Junius bei Kedarnath liegen bleibt [20]). Aber abgesehen davon, daß der Junius noch zu früh ist, um die Schneegränze zu bestimmen [21]), bemerkt Schouw, es sey die Differenz von 100 Toisen zwischen Schnee- und Baumgränze zu klein, da diese in der Schweiz 450ᵗ, in dem Caucasus 650ᵗ betrüge. Er fügt hinzu, er habe auf dem Aetna, dessen Höhe 1748ᵗ beträgt, im September nur einzelne kleine Schneeflecken gefunden, während die untere Schneegränze im Junius in 1200ᵗ, also 548ᵗ niedriger lag, die Schneegränze müsse daher am südlichen Abhange des Himalaya noch höher ge-

---

18) Schouw in Tidsskrift for Naturvidensk. I, 95 Anm.
19) Annales de Chimie III, 304.
20) Ibid. XIV, 11.
21) Muncke in Gehler's Wörterb. III, 1030. und Schouw in Tidsskrift for Naturvid. I, 96.

rückt werden, zumal da Webb am Ende des Junius keinen Schnee, sondern eine üppige Vegetation antraf.

Ungeachtet der größern nördlichen Breite (nahe 31° N) liegt die Schneegränze auf der nördlichen Seite des Himalaya nicht nur höher als auf der südlichen, sondern sie übersteigt sogar die zwischen dem Aequator in America gefundene. Am Passe Niti, welcher zum Thale des Sutlui führt [22]), fand Webb am 21sten August 1819 eine Höhe von 2605ᵗ, und doch war so wenig hier als 50 Toisen höher eine Spur von Schnee, während die Schneelinie in Süd-America am Aequator 2460ᵗ beträgt. Nördlich vom Passe traf er in einer Höhe von 2334 Toisen noch Pappeln und gute Weiden [23]). Nordwestlich von dieser Stelle fand Gérard in der Nähe von Shipke und Nako in einer Höhe von 2660ᵗ (17000 englische Fuß) noch eine geruchlose der Salbei ähnliche Pflanze [24]); auf einer andern Höhe fand er in 2650ᵗ (16921 engl. Fuß) in der Mitte Octobers noch keinen Schnee [25]), eben dieses gilt von dem Hungrung-Passe, welcher zu derselben Jahreszeit in 2320 Toisen (14837 Fuß) eben so wenig als die etwa 150 Toisen höhern Berge in der Nähe Schnee zeigte [26]). Das Dorf Nako in 1850 Toisen Höhe, das höchste, welches Gérard auf seinem Wege antraf, besitzt Weizenfelder bis zu 2033 Toisen Höhe, und neben dem Dorfe liegt ein von Aprikosenbäumen umgebener Teich, dessen Eisdecke der Jugend im Winter zu ihren Belustigungen dient [27]). Humboldt bestimmt die Höhe der Schneegränze auf der Nordseite des Himalaya zu 2650 Toisen, vielleicht nach der Messung von Gérard noch etwas zu klein, aber doch etwa 600ᵗ höher als am südlichen Abhange.

---

22) Die meisten dieser Orte findet man auf der Map of the countries North of the Sutluj in Brewster's Journ. of Sc. Vol. II. Tab. I. Für die allgemeine Uebersicht scheint die Charte von Hindostan mit einem Theile des Birmanischen Reichs entw. u. gez. v. Heinr. Hübbe, 1828, in dem Atlas von Stieler unter den kleinern Charten am meisten zu empfehlen.

23) Humboldt in Ann. de Chimie XIV. 1. 1.

24) Brewster's Edinb. Journ. of Sc. I,45.

25) Ibid. p. 44.

26) Ibid. p. 51.

27) Ibid. p. 48.

Sind wir nach dem Gesagten auch nicht im Stande die Schneegränze in dieser Gegend vollkommen scharf anzugeben, so geht daraus wenigstens so viel mit Gewißheit hervor, daß sie am nördlichen Abhange mehrere hundert Toisen höher liegt, als am südlichen.

Die Ursache dieser Differenz sucht Humboldt in der Biegung der Isotheren; wenn es jedoch nach dem Gesagten nicht zu läugnen ist, daß diese die Schneelinie höher hinauf rücken, als in America, so wird dadurch doch nicht die Differenz zwischen den beiden Seiten des Gebirges erklärt. Der wichtigste bisher weniger beachtete Grund scheint mir im innigen Zusammenhange mit den Moussons zu stehen. Nördlich vom Himalaya liegt ein mehr als 1000 Toisen hohes Plateau, welches, mit Sand und Kieseln bedeckt, im Sommer sehr stark erwärmt wird. Der Gegensatz zwischen der Temperatur über dieser Wüste und dem südlicher liegenden Meere ist es eben, welche nach dem früher Gesagten den SW.-Mousson erzeugt [28]). Gegen die nördlichen Abhänge der Kette werden also heiße Landwinde, gegen die letztern kühlere Seewinde wehen. Die Depression der Schneegränze, welche durch diesen Umstand bedingt wird, nimmt noch dadurch zu, daß diese Seewinde an den hohen Gipfeln des Gebirges condensirt werden, daß vorhandene Wolken und Nebel gerade im Sommer, wo hier die Regenzeit Statt findet, die Einwirkung der Sonne verhindern. Sodann scheint es wahrscheinlich, daß auf den südlichen Abhängen die Niederschläge weit reichlicher sind, als auf der nördlichen, daß also der Schnee dort nicht so leicht weggeschmolzen werden könne. Wie trocken die Luft im Thale des Sutluj sey, davon erzählt Gérard ein auffallendes Beispiel. Während er in Schipke war, wehte ein heftiger Wind, welcher alle Gegenstände schnell austrocknete; die Blätter der Bücher waren mehr zusammengeschrumpft, als er dieses je bei den heißen Winden beobachtet hatte [29]). Und völlig ähnliche Verhältnisse, als uns das Himalaya-Gebirge auf der See- und Continentalseite zeigt, finden wir wieder in den Gebirgen von Chili, wo den Messungen von Pentland zufolge die Schneegränze auf dem östlichen Abhange weit höher liegt, als auf dem westlichen.

---

28) Bd. I. S. 186.

29) Brewster's Journ. of Sc. I, 42.

Folgende Tafel, welche ich größtentheils aus der Zusammenstellung von Muncke [30]) entlehnt habe, giebt die Höhe der Schneegränze in verschiedenen Gegenden. Mehrere dieser Bestimmungen scheinen mir verdächtig, ich habe diese mit einem Fragezeichen bezeichnet.

Ort	Breite	Schneegränze in Toisen	Beobachter
Cotopaxi	Von 1° 28′ S bis 0°	2538	v. Humboldt [31])
Antisana		2493	
Chimborazo		2471	
Rucu-Pichincha		2460	
Nevado del Corazon		2453	
Pichincha	0° 10′ S	2450	Condamine [32])
Quito	0. 0	2460	v. Humboldt [33])
Popayan	0. 3 N	2430	v. Humboldt [34])
Chili auf dem östlichen Abhange der Anden	zwischen 15° und 17° S	2718	Pentland [35])
Mexico	19. 0 N	2350	v. Humboldt [36])
Ebend.	20. 0	2361	v. Humboldt [37])
Himalaya, südlicher Abhang	30. 0	1900 (?)	v. Humboldt [38])
Ebend., nördlicher Abhang	31. 0	2610 (?)	
Atlas	31. 0	1925 (?)	Ali-Bey [39])
Libanon	33. 0	1517 (?)	Wahlenberg [40])
Aetna	37. 33	1500 (?)	Saussure [41])
Pic du Midi	42. 0	1506	Ramond [42])
Canigou	42. 31	1456	Saussure [43])

30) Gehler's Wörterb. III, 1023.
31) Annales de Chimie XIV, 1.
32) Journal d'un Voy. à l'équateur p. 48.
33) Essai sur la géographie des plantes p. 132.
34) Atlas géogr. et phys. des regions équinox. Tab. VI.
35) Bibl. univ. XLII, 25.
36) Humboldt Neu-Spanien.
37) Essai sur la géogr. des plantes p. 133.
38) Annales de Chimie XIV.
39) Aus Hällström de termino atmosphaerae terrae nivalis. Aboae 1823. bei Muncke.
40) Wahlenberg Bericht über Messungen und Beobachtungen zur Bestimmung der Höhe und Temp. der lappl. Alpen S. 59.
41) Saussure Reisen IV, 121. §. 941. Nach Schouw scheint die Schneegränze bedeutend höher zu liegen, indem er im September nur einzelne Schneeflecke fand. Tidsskrift for Naturvidensk. I, 96.
42) Ann. de Chimie II, 192.
43) Saussure Reisen IV, 121. §. 940. Nur unbestimmte Angabe, da Saussure bemerkt, dieses sey der höchste Gipfel der Pyrenäen, deren höchste Gipfel ewigen Schnee tragen.

Ort	Breite	Schneegränze in Toisen	Beobachter
Pic Long		1450	Ramond [44])
Neuvielle	43° 0′ N	1375	Ramond [44])
Mont perdu	43. 0	1313	Parrot [45])
Maladetta, Nordseite	42. 45	1376	Parrot [46])
Ebend., Südseite		1563	Parrot [47])
Pyrenäen im Allgemeinen	42° 30′ bis 43° 0′	1400	v. Humboldt [48])
Elbrus, Caucasus	43. 0	1710	Parrot und Kupffer [49])
Alpen	45¾°	1370	Wahlenberg [50])
dieselben	45½	1350	Saussure [51])
dieselben	dasselbe	1420	Buch [52])
Carpathen	Nicht bis zur Schneelinie sich erhebend [53])		

44) Ann. de Chimie II. l. l.

45) Reise in die Pyrenäen in Naturwissenschaftl. Abh. aus Dorpat I, 228.

46) Das. I, 273.

47) Das. I, 297.

48) Ann. de Chimie XIV, l. l.

49) Parrot u. Engelhardt Reise II, 113 geben 1688t, Kupffer in Bibl. univ. XLII, 170 giebt 1733t.

50) Wahlenberg de veget. et clim. Helv. p. XLIV. Schouw glaubt, daß seinen Messungen zufolge die Schneegränze auch in den südlichen Alpen nicht viel höher liege. Tidsskrift for Naturvidensk. I, 101.

51) Saussure Reisen IV, 124. §. 944 u. 943.

52) Gilbert's Annalen XI, 48.

53) Gewöhnlich wird auf Wahlenberg's Autorität angegeben, die Schneegränze habe hier eine Höhe von 1330 Toisen, aber Wahlenberg selbst hielt sich in einem ungewöhnlich nassen Sommer (1813) in den Karpathen auf (Wahlenberg Flora Carp. p. CVIII) und bemerkt selbst, er habe im Gebirge keinen ewigen Schnee gefunden. Da die meisten Physiker die beiläufige Schätzung dieses Reisenden als naturgemäß angesehen haben, ohne die übrigen Bemerkungen desselben zu berücksichtigen, so will ich hier die ganze Stelle, welche die Schneegränze betrifft, mittheilen. Nachdem er nämlich gesagt hat, daß viele Gewächse und namentlich Waldbäume (offenbar wegen der großen Winterkälte) in geringer Höhe auf den Karpathen zurückblieben, fährt er fort: *Terminum nivalem* quod attinet non possumus non mirari eum tam diu desiderari in tanta vegetationis pauperie et tanta distantia a termino sylvatico. Jamdudum monui, Carpatos mirum in modum nivis pauperes esse respectu alpium helveticarum et lapponicarum. Non tantum omnes alpes accessoriae nive cito denudantur, sed etiam Krivan magnus aestatibus solitis jamdudum Junio privatus est omni nive hyemali,

Ort	Breite	Schneegränze in Toisen	Beobachter
Folgefonden (Norw.),			
westl. Abhang	60 N	800 t	Herzberg [54])
östl. Abh.		916	Smith [55])

et insolito illo anno 1818 medio Julii ne vestigium nivis permanentis habebat. Huic tamen non deest superficies satis magna et tam parum inclinata, quin nives ob tales rationes ibi manere possint in elevatione 7500 pedum supra mare, cum multo asperior et magis isolatus Mons Pilatus Helvetiae cum elevatione tantum 6500 pedum nive perenni numquam careat. Krivanum itaque considerantibus nulla in mentem venit idea de termino nivali. Tota facies anterior Carpatorum aeque nive destituta est. Ipsum cacumen Lomnitzense praeterlapsa aestate die 19 Augusti neque nives neque aquam habuit et tale idem etiam reperit D. Townson. Ab hoc vertice Carpatos considerans omnia reliqua cacumina etiam nive hyemali denudata esse vidi. In absconditis tantum sinubus convallium altissimarum et intimarum nix hyemalis permanet per annos; quo respectu praecipue regio supra Fünfsee infra Eisthalerspitze valde memorabilis est; ubi e cacumine lato rupestri Eisthalerspitze tantae moles nivis (Schneelauwinen) devolvuntur et infra accumulantur, ut aestate proxima in his sinubus ob cacumina anteriora ventis calidis non expositis consumi non possint, verum parvas glacies (Gletscher) forment, quarum ora inferior massam glaciei disruptam apertissime commonstrat. Hae parvae glacies unicum sunt quod scio indicium termini nivalis per totos Carpatos, et forsan, terra magis explanata, ut omnes nives non in paucis sinubus accumularentur, verum dispersae subsisterent, nec illa indicia ibi permanerent. Itaque accipiens cacumen Eisthalerspitze terminum nivalem in elevatione 8000 pedum attingere, vereor adhuc ne sit terminus nivalis justo depressior constitutus. Verum omnino est tantam absentiam nivis parum convenire notioni de termino nivali et de generatione glacierum, qualem nempe eam accepimus praecipue in alpibus lapponicis, ubi omnia cacumina nivibus perennibus longe tecta esse reperimus antequam ullum initium glacierum prodeat. Wahlenberg Flora Carp. p. LXXII.

54) Bei Buch in Gilbert's Annalen XLI, 16. Dieses stimmt auch mit der Angabe von Smith bei Schouw in Tidsskrift for Naturvid. I, 95, während Hisinger sagt, Smith habe hier die Schneegebirge zu 642t gefunden. Poggendorff's Annalen VII, 40.

55) Bei Schouw l. l. Auch hier giebt Hisinger nur 723t; Naumann fand daselbst 660t. Hisinger l. l.

Ort	Breite	Schneegränze in Toisen	Beobachter
Snöhättan auf Doorefield	62° 15′ N	842t	Hisinger [56])
Svuckustöt, Norw., östlich von Fämund's See	62. 12	883	Hisinger [56])
Sylfiellet	63. 0	833	Hisinger [56])
Arescutan	63. 25	808	Hisinger [56])
Eliasberg, Nord-America	62. 0	767 (?)	Wahlenberg [57])
Island	63½	423	Mörcks [58])
	65. 0	483	Olaffen [59])
Lulea Lappmark	67. 0	683	Wahlenberg [60])
Sulitelma	67. 5	517	Wahlenberg [61])
Balli, Schweden	67. 6	683	Wahlenberg [61])
Talpa jegna, Norw.	67. 20	500	Wahlenberg [61])
Talwig, Norw.	70. 0	550	v. Buch [62])
Hammerfest	70. 38	417	v. Buch [63])
Nord-Cap, Mageröe	71. 10	367	v. Buch [63])

Verbinden wir die in verschiedenen Breiten gefundenen Höhen der Schneegränze, so erhalten wir dadurch eine Curve, welche der Erdoberfläche desto näher rückt, je weiter wir uns vom Aequator entfernen. Hällström hat sich bemüht, die Coordinaten dieser Curve zu bestimmen, indem er einen großen Theil der oben mitgetheilten Messungen zu dieser Bestimmung benutzte [64]). Ist

56) Poggendorff's Annalen VII, 40.

57) Wahlenberg Bericht über Messungen S. 58.

58) Der Esian-Berg im südwestlichen Theile hat diese Höhe und stets Schnee; auf Skardheide, welche etwas höher ist, ging der Schnee am Schlusse des Julius bis zu 370 Toisen herab. Schouw in Tidsskrift for Naturvidensk. I, 102.

59) Buch in Gilbert's Annalen XLI, 37 u. XXIV, 319. Sind beide Bestimmungen auf Island richtig, so würden die feuchten Südwestwinde die Schneegränze im südwestlichen Theile der Insel eben so deprimiren, als wir dieses am Himalaya finden.

60) Bei Hisinger l. l.

61) Aus Bericht von Messungen bei Muncke.

62) Gilbert's Annalen XLI, 27.

63) Ibid. p. 32.

64) Mir fehlt die Abhandlung von Hällström de termino atm. terr. niv. Aboae 1823, und ich kenne die Resultate nur aus der neuen Ausgabe von Gehler's Wörterb.

Höhe der Schneegränze in Toisen und φ die entsprechende
, so findet er

$$A = 2462,4 + 293 \sin \varphi - 2501,8 \sin^2 \varphi$$

m wahrscheinlichen Fehler von 63,5 Toisen. Es geht
aus dem bereits Gesagten hervor, daß der Abstand der
ten Fläche, welche mit der Schneegränze zusammenfällt,
n allen Breiten gleich sey, es ist vielmehr eine Fläche mit
chen Krümmungen. Stellen wir zur Uebersicht der Erschei-
n die Messungen zusammen, welche in America, in den
äen und Norwegen angestellt sind, so erhalten wir fol-
Größen:

	Breite	Beobachtet	Berechnet	Unterschied
uator	0	2473t	2534t,2	+ 61t,2
ico	19. 24	2336	2276,4	— 59,6
enäen	42. 39	1417	1461,5	+ 44,5
wegen	60. 0	800	781,5	— 18,5
	62. 15	842	703,9	— 138,1
	67. 5	517	551,5	+ 34,5
	67. 20	500	544,3	+ 44,3
	70. 0	550	470,6	— 79,4
	70. 38	417	454,2	+ 37,2
	71. 10	367	440,7	+ 73,7

n obiger Tafel enthaltenen Höhen der Schneegränze lassen
nähernd ausdrücken durch die Gleichung

$$A = 197^t,19 + 2337^t,06 \cos^2 \varphi$$

m wahrscheinlichen Fehler ε'' (A) = $45^t,21$.

Die Abweichungen der Formel sind zum Theil bedeutend,
einerseits müssen wir erwägen, daß die Schneegränze
tlich in höheren Breiten noch nicht mit hinreichender Schärfe
mt ist, andererseits aber ist die Frage, ob sich die Höhe
en an den betrachteten Orten wirklich nach demselben Ge-
chtet, und ob nicht Localursachen in den hier verglichenen
den, so ähnlich sie auch zum Theil liegen, Differenzen er-
. So ist z. B. die berechnete Höhe in Mexico kleiner als
bachtete, jedenfalls deshalb, weil durch die Nähe des Pla-

teaus die Schneegränze gehoben wird; auf Mageröe in 71° 10′N liegt aber die Schneegränze niedriger, als sie nach der Formel liegen sollte, offenbar weil hier die häufigen Nebel dieselbe deprimiren.

Am Nordpole ist die Höhe der Schneegränze nach diesem Ausdrucke 197,2 Toisen; nach der Formel Hällström's beträgt dieselbe 253,6 Toisen. Muncke[65]) fügt hinzu, man habe gewöhnlich nach Tob. Mayer angenommen, die Schneegränze berühre den Nordpol, Gay-Lussac aber bemerke mit Recht[66]), daß die neuesten Beobachtungen, namentlich von Scoresby, gezeigt hätten, daß diese Annahme unzulässig sey; er glaubt, man könne auch für die günstigste Localität das Einschneiden der Schneegränze in die Erdoberfläche nicht weiter hinauf rücken bis an die Nordspitze von Spitzbergen, also unter 80° N. Da dieser Ausdruck, welchen Hällström und ich für die Höhe der Schneegränze entwickelt haben, ein rein empirischer ist, so bleibt es allerdings unentschieden, ob derselbe die Größe in der Nähe des Poles genau darstelle. Muncke scheint jedoch an dieser Stelle die Schneelinie mit der Gegend zu verwechseln, deren mittlere Temperatur 0° ist, wie wenigstens aus der Verweisung auf die Arbeit Gay-Lussac's hervorzugehen scheint, da in dieser nur von der Gegend die Rede ist, deren mittlere Temperatur mit dem Gefrierpunkte zusammenfällt. Aber schon längst hat Humboldt bemerkt, die mittlere Temperatur der Schneegränze falle nicht mit 0° zusammen, wie dieses früher Bouguer vermuthet hatte[67]). Er bestimmt diese Temperatur am Aequator zu 1°,5, in der gemäßigsten Zone zu — 3°,7, und in den Polargegenden — 6°[68]); Muncke führt an einer andern Stelle an[69]), nach von Humboldt liege die Schneegränze unter dem Aequator bei 0°,4, in den gemäßigten Zonen nach Pictet[70]) bei — 4°,6, und in den

---

65) Gehler's Wörterb. N. A. III, 1027.
66) Annales de Chimie XXVII, 435.
67) Bouguer Voyage L.
68) Humboldt Observ. astr. 1, 136 und Mém. d'Arcueil III, 588.
69) Gehler's Wörterb. III, 1022.
70) Gilbert's Annalen XXV, 318.

nördlichen nach Humboldt [71]) bei — 6°. Aus dieser letztern Bestimmung folgert Schmidt, daß die Temperatur der Schneegränze am Pole — 8°,8 sey, also etwas geringer *), als diejenige Größe, welche wir oben für die Temperatur des Nordpoles fanden. Da in der Nähe der Schneegränze keine Beobachtungen vorhanden sind, so läßt sich diese Wärme nur dadurch herleiten, daß wir von der Temperatur der Ebenen ausgehen und das Gesetz der Wärmeabnahme berücksichtigend diejenige Größe bestimmen, welche directe Messungen in jener Höhe angeben würden. Aber hier tritt sogleich die Schwierigkeit ein, daß wir das Gesetz dieser Abnahme nicht kennen. Nehmen wir die Schneegränzen für die Schweizer-Alpen zu 1370 Toisen, so giebt der oben gefundene Ausdruck

$$\log t_h = 0{,}0192764 - 0{,}000017357 \,.\, h$$

für die Temperatur der Schneegränze — 2°,8°, und diese Bestimmung dürfte einiges Gewicht haben, da sowohl die Schneegränze als die Wärmeabnahme für dasselbe Gebirge bestimmt sind. Nehmen wir an, daß der Coefficient von h für alle Gegenden richtig sey, und wird als constante Größe die jeder Breite entsprechende Temperatur der Ebene genommen, so erhalten wir für die Wärme der Schneegränze unter dem Aequator — 0°,2 (Ebene 27°,5), für die Pyrenäen in 42° 39′ — 1°,5 (Ebene 14°,5), und für das Nord-Cap in 71° 10′ — 4°,8 (Ebene — 0°,1), aber bei letzterer Bestimmung sogar muß es unentschieden bleiben, ob diese Wärme nicht etwas zu hoch ist, da immer die Frage unbeantwortet bleibt, ob die hohe Temperatur von Norwegens Westküste sich vorzugsweise in der Tiefe zeigt, oder ob sie sich auch bis zu bedeutendern Höhen erstreckt. So viel scheint wenigstens wahrscheinlich, daß die Schneegränze die Erdoberfläche erst nördlich von jener Gegend berührt, welche Muncke ihr anweist, da auf Spitzbergen noch einige Pflanzen wachsen; die Schnee- und Eismassen, welche in den Schluchten gefunden wurden, scheinen aber vielmehr Glätscher als Schneefelder zu seyn.

---

71) Annales de Chimie XIV, 19.

*) Mathem. u. phys. Geogr. II, 288. §. 173.

Ich wende mich nunmehr zu der Betrachtung des letzten Punktes, nämlich zu der Temperatur des Bodens. Welche Hypothese wir auch über die Wärme im Innern aufstellen mögen, so ist so viel gewiß, daß die Erdrinde im Laufe der Jahrtausende ihre anfänglich hohe Temperatur verlieren mußte, wofern wir eine solche der Erde im Urzustande geben; sie muß längst erwärmt seyn, wofern wir annehmen, daß die Erde ursprünglich eine kalte Masse war. Wir wollen daher diese eigenthümliche Wärme zunächst übersehen, und nur auf die Sonne Rücksicht nehmen. Indem ihre Strahlen die Erdoberfläche erwärmen, dringt ein Theil der Wärme durch Leitung ins Innere, ein anderer dagegen strahlt gegen den Himmelsraum. Das Verhältniß zwischen beiden Theilen hängt von der Wärme-Capacität und dem Leitungsvermögen ab. Nach dem Untergange der Sonne verliert die äußere Rinde einen Theil ihrer Wärme durch Strahlung; von derjenigen Menge, welche ins Innere gedrungen war, kehrt ein Theil gegen die Oberfläche zurück, während ein anderer fortfährt, sich in die Tiefe zu bewegen. Es kommt nun außer den bereits erwähnten Umständen noch auf das Verhältniß zwischen der Länge der Tage und der Nächte an. Ist die Zeit, während welcher die Erde erwärmt wird, größer als diejenige, in welcher sie erkaltet, so erhält der Boden am Tage mehr Wärme, als er in der Nacht verliert, seine Temperatur nimmt also zu, während im Winter das Gegentheil Statt findet. Außer dieser directen Einwirkung der Sonnenstrahlen hat der Niederschlag von Regen noch einen großen Einfluß auf den Gang der Wärme. Indem das Wasser in den Boden dringt, wird letzterer je nach der Temperaturverschiedenheit erwärmt oder erkaltet, und es müssen dadurch größere oder geringere Anomalieen hervorgebracht werden. Berücksichtigen wir hiebei gänzlich die gegenseitige Wärme-Capacität des Bodens und des Wassers, so wird von selbst einleuchtend, daß die allgemeine Auflösung dieses Problems im hohen Grade verwickelt wird.

Fourier hat es versucht, das Problem über die Wärme des Bodens allgemein aufzulösen [73]). Indem er die Oscillationen der Temperatur an der Erdoberfläche betrachtet, übersieht er zu- nächst

72) Mém. de l'Acad. des Sc. T. V, p. 153—179.

ächst die Bewegung der Wärme in horizontaler Richtung, da lle nahe liegenden Punkte derselben Horizontalschicht in demselben Momente sehr nahe dieselbe Temperatur haben, so daß zwischen hnen nur eine unbedeutende Mittheilung der Wärme Statt findet. Es haben demnach alle Punkte, deren Abstand vom Mittelpunkte der Kugel gleich groß ist, eine gemeinschaftliche Temperatur v, welche sich mit der Zeit t ändert; ist x jener Abstand, so ist v eine Function von x und t, und die Gesetze der Wärme geben

$$\frac{dv}{dt} = \frac{K}{CD}\left(\frac{d^2v}{dx^2} + \frac{2}{x} \cdot \frac{dv}{dx}\right).$$

Ist X der Halbmesser der Erde, u der Abstand von der Erdoberfläche; so ist $x = X - u$, und da X sehr groß ist, so verwandelt sich dieser Ausdruck in

$$\frac{dv}{dt} = \frac{K}{CD} \cdot \frac{d^2v}{du^2} = k \frac{d^2v}{du^2} \qquad (A)$$

Für $u = o$ genügt diese Gleichung (A) der bestimmten Gleichung $v = \varphi(t)$, wo φ eine periodische Function von der Beschaffenheit ist, daß sie ihren Werth nicht ändert, wenn man $t + \vartheta$ für t setzt, wo ϑ die Dauer der Periode angiebt, während welcher die Aenderungen der Wärme vor sich gehen. Man genügt dieser Bedingung, wenn man

$$v = ae^{-gu} \cos(2g^2kt - gu)$$

oder

$$v = ae^{-gu} \sin(2g^2kt - gu)$$

setzt, wo a und g arbiträre Größen sind, und es läßt sich mithin der allgemeine Werth von v ausdrücken durch

$$v = \qquad (B)$$

$$e^{-gu}\left[a \cos(2g^2kt - gu) + b \sin(2g^2kt - gu)\right]$$

$$+ e^{-g_1u}\left[a_1 \cos(2g_1^2kt - g_1u) + b_1 \sin(2g_1^2kt - g_1u)\right]$$

$$+ e^{-g_2u}\left[a_2 \cos(2g_2^2kt - g_2u) + b_2 \sin(2g_2^2kt - g_2u)\right]$$

$$+ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$

Setzt man hier $n = o$, so erhält man die Bedingungsgleich

$$\varphi(t) = a \cos 2g^2kt + b \sin 2g^2kt$$
$$+ a_1 \cos 2g_1^2kt + b_1 \sin 2g_1^2kt$$
$$+ a_2 \cos 2g_2^2kt + b_2 \sin 2g_2^2kt$$
$$+ \ldots\ldots\ldots\ldots$$

Damit diese Function periodisch werde und denselben Wert‍l halte, wenn t um ϑ wächst, setze man $2g^2k\vartheta = 2i\pi$, wo i ir eine ganze Zahl ist. Setzt man für $g, g_1, g_2, \ldots$ Zal welcher dieser Bedingung genügen, so wird der allgemeine d die Gleichung (B) gegebene Ausdruck ebenfalls periodisch man erhält

$$\varphi t = a + a_1 \cos\left(1 \frac{2\pi}{\vartheta} t\right) + b_1 \sin\left(1 \frac{2\pi}{\vartheta} t\right)$$
$$+ a_2 \cos\left(2 \frac{2\pi}{\vartheta} t\right) + b_2 \sin\left(2 \frac{2\pi}{\vartheta} t\right)$$
$$+ a_3 \cos\left(3 \frac{2\pi}{\vartheta} t\right) + b_3 \sin\left(3 \frac{2\pi}{\vartheta} t\right)$$
$$+ \ldots\ldots\ldots\ldots$$

Zur Bestimmung der Coefficienten erhalten wir hieraus folg Ausdrücke:

$$\pi a = \frac{1}{2} \cdot \frac{2\pi}{\vartheta} \int \varphi t dt$$
$$\pi a_1 = \frac{2\pi}{\vartheta} \int \varphi t \cos\left(\frac{2\pi}{\vartheta} t\right) dt$$
$$\pi b_1 = \frac{2\pi}{\vartheta} \int \varphi t \sin\left(\frac{2\pi}{\vartheta} t\right) dt$$
$$\ldots\ldots\ldots\ldots$$
$$\pi a_i = \frac{2\pi}{\vartheta} \int \varphi t \cos\left(i \frac{2\pi}{\vartheta} t\right) dt$$
$$\pi b_i = \frac{2\pi}{\vartheta} \int \varphi t \sin\left(i \frac{2\pi}{\vartheta} t\right) dt$$

wo die Integrale von $t = o$ bis $t = \vartheta$ genommen werden. nun diese Coefficienten bekannt sind, und da wir für die Expo ten $g, g_1, g_2, \ldots g_i$ die Größen $o, \sqrt{\frac{2\pi}{k\vartheta}}, \sqrt{\frac{i\pi}{k\vartheta}}$, $\frac{i\pi}{k\vartheta}$ erhalten, so wird

$$
\begin{aligned}
v = \frac{1}{\vartheta}\int \varphi t\,dt &+ \frac{2}{\vartheta}\cdot e^{-u\sqrt{\frac{\pi}{k\vartheta}}}\left\{\cos\left(\frac{2\pi}{\vartheta}t - u\sqrt{\frac{\pi}{k\vartheta}}\right)\int \varphi t \cos\left(\frac{2\pi}{\vartheta}t\right)dt + \sin\left(\frac{2\pi}{\vartheta}t - u\sqrt{\frac{\pi}{k\vartheta}}\right)\int \varphi t \sin\left(\frac{2\pi}{\vartheta}t\right)dt\right\} \\
&+ \frac{2}{\vartheta}\cdot e^{-u\sqrt{\frac{2\pi}{k\vartheta}}}\left\{\cos\left(2\frac{2\pi}{\vartheta}t - u\sqrt{2\frac{\pi}{k\vartheta}}\right)\int \varphi t \cos\left(2\frac{2\pi}{\vartheta}t\right)dt + \sin\left(2\frac{2\pi}{\vartheta}t - u\sqrt{2\frac{\pi}{k\vartheta}}\right)\int \varphi t \sin\left(2\frac{2\pi}{\vartheta}t\right)dt\right\} \\
&+ \ldots\ldots\ldots\ldots \\
&+ \frac{2}{\vartheta}\, e^{-u\sqrt{\frac{i\pi}{k\vartheta}}}\left\{\cos\left(i\frac{2\pi}{\vartheta}t - u\sqrt{i\frac{\pi}{k\vartheta}}\right)\int \varphi t \cos\left(i\frac{2\pi}{\vartheta}t\right)dt + \sin\left(i\frac{2\pi}{\vartheta}t - u\sqrt{i\frac{\pi}{k\vartheta}}\right)\int \varphi t \sin\left(i\frac{2\pi}{\vartheta}t\right)dt\right\} \\
&+ \ldots\ldots\ldots\ldots
\end{aligned}
\qquad (C)
$$

Hier bilden die Exponentalgrößen $e^{-u\sqrt{\frac{\pi}{k\vartheta}}}$, $e^{-u\sqrt{2\frac{2\pi}{k\vartheta}}}$ .... eine convergirende Reihe, welche desto mehr convergirt, je größer u ist. Die Temperatur eines etwas tiefen Punktes wird also sehr nahe durch die beiden ersten Glieder dieses Ausdruckes gegeben, zumal da der Coefficient der Exponentalgröße den Sinus und Cosinus enthält, also zwischen $+1$ und -1 liegt. Giebt man der Größe u einen hinreichenden Werth, so wird der Werth von v constant; man erhält daher $\frac{1}{\vartheta}\int\varphi t dt$, wo φt die veränderliche Temperatur an der Oberfläche bedeutet und das Integral von $t = 0$ bis $t = \vartheta$ genommen wird; es ist also die constante Temperatur eines tiefer liegenden Punktes gleich der mittlern an der Erdoberfläche. Ist U die Tiefe, in welcher wir diese constante Temperatur antreffen, bezeichnet ferner ω die Differenz zwischen der mittlern Temperatur und derjenigen eines Punktes, welcher sich in der wenig von U verschiedenen Tiefe u befindet, so wird nach Anbringung der nöthigen Reductionen

$$\omega = v - \frac{1}{\vartheta}\int\varphi t dt$$

$$= e^{-gu}\left[a\cos(2g^2kt - gu) + b\sin(2g^2kt - gu)\right]$$

$$= e^{-gu}(a^2 + b^2)^{\frac{1}{2}}\sin\left(2g^2kt - gu + \text{arc.tang}\frac{a}{b}\right) \quad \text{(D)}$$

wo a, b, g die vorher mit a_1, b_1, g_1 bezeichneten Größen sind. Sieht man u als constant an und läßt sich die Größe t ändern, so erhält man $e^{-gu}(a^2 + b^2)^{\frac{1}{2}}$ als größten Werth von ω, es nimmt also der Unterschied zwischen der höchsten und niedrigsten Temperatur eines Punktes in der Tiefe in geometrischer Reihe ab, wenn die Tiefe in arithmetischer Reihe wächst. Außer der Tiefe hat aber auch die Dauer der Periode auf die Größe der Oscillation einen großen Einfluß. Setzen wir nämlich für g seinen Werth, so erhalten wir als Unterschied zwischen den Extremen, $2e^{-u\sqrt{\frac{\pi}{k\vartheta}}}(a^2 + b^2)^{\frac{1}{2}}$. Suchen wir also die Tiefen an

für welche die Größe gleich ist, so muß $\frac{n}{\sqrt{\vartheta}}$ stets denselben Werth behalten, da alle übrigen Größen dieselben sind; diese Bedingung zeigt uns, daß die Tiefen wie die Quadratwurzeln aus der Dauer der Perioden wachsen müssen, wofern die Aenderungen gleich seyn sollen. Sehen wir daher die Dauer eines Tages als Einheit an, und bestimmen die Tiefe, in welcher die täglichen Oscillationen verschwinden, so muß die Tiefe, in welcher die jährlichen verschwinden 19 Mal ($\sqrt{365}$) größer seyn.

Wenn man nun zwei Thermometer in derselben Verticale im Boden befestigt, von denen aber das eine unmittelbar unter der Oberfläche liegt, so zeigt der Gang dieser Instrumente die respective Wirkung der äußern Wärme und der Wärme im Innern. Steht nämlich das obere Thermometer höher als das untere, so ist dieses ein Beweis, daß die Erde von der Sonne Wärme erhält; findet aber das Gegentheil Statt, so folgt, daß die Wärme, welche die Erde früher von der Sonne erhalten hatte, sich nun in der Atmosphäre zerstreut, daß sich also die Wärme von unten nach oben bewegt. Um den Gang der Wärme an beiden Stationen zu bestimmen, nehmen wir die Gleichung (D). Die Wärme, welche in einer unendlich kleinen Zeit dt von dem obern Punkte nach dem untern in einer Säule von dem Querschnitte ω geht, ist $-K\frac{dv}{du}dt$, wo K die innere Leitbarkeit der Rinde bezeichnet. Nimmt man hier den Werth von $\frac{dv}{du}$, so wird

$$-\frac{dv}{du} = e^{-gu} \cdot g\sqrt{2}\,(a^2+b^2)^{\frac{1}{2}}$$
$$\times \sin\left\{2g^2kt - gu - \text{arc. tang}\frac{a+b}{a-b}\right\}.$$

Die jährliche Erwärmung fängt dann an, wenn an der Oberfläche der Erde die unter dem Sinuszeichen befindliche Größe verschwindet und nun negativ wird, sie dauert sechs Monate, und in der zweiten Hälfte des Jahres findet Erkaltung Statt. Die Geschwindigkeit, mit welcher die Wärme ins Innere dringt, ist proportional dem Werthe von $-\frac{dv}{du}$. An der Oberfläche der Erde erhalten wir für diese Aenderung

$$-\frac{dv}{du} = g\sqrt{2}\,(a^2+b^2)^{\frac{1}{2}} \sin\left\{2g^2kt - \text{arc. tang}\frac{a+b}{a-b}\right\} \quad (F)$$

Für eben diesen Punkt verwandelt sich die Gleichung (D) in

$$\omega = (a^2 + b^2)^{\frac{1}{2}} \sin\left(2g^2kt - \text{arc. tang}\frac{a}{b}\right) \quad (G)$$

Rechnen wir die Zeit t von dem Momente an, wo $\omega = 0$ ist, so verschwindet die Größe arc. tang $\frac{a}{b}$, indem $a = 0$ ist, und man erhält

$$\omega = b \sin 2g^2kt$$

$$-\frac{dv}{du} = gb\sqrt{2} \sin\left(2g^2kt + \frac{1}{4}\pi\right)$$

Es wird hier also $\frac{dv}{du}$ positiv, wenn $2g^2kt + \frac{1}{4}\pi = 0$, oder indem wir den Werth von g setzen, wenn $t = -\frac{1}{8}\vartheta$, d. h. die jährliche Erwärmung fängt $\frac{1}{8}$ Jahr an, nachdem die Oberfläche ihre mittlere Temperatur erreicht hatte; bis dahin ist das Innere wärmer als die Oberfläche und ein Theil dieser Wärme entweicht in die Atmosphäre; späterhin wird die Oberfläche wärmer und es findet eine entgegengesetzte Bewegung Statt. Eben so fängt die Erkaltung $\frac{1}{8}$ Jahr an, nachdem die abnehmende Temperatur der Oberfläche ihren mittlern Werth erreicht hat. Jede dieser Perioden dauert ein halbes Jahr.

Um die numerischen Verhältnisse nach dieser Untersuchung Fourier's zu bestimmen, ist eine genaue Kenntniß der Wärmecapacität und des Leitungsvermögens der Substanzen erforderlich, aus denen die Erdrinde besteht; bis jetzt sind hierüber noch keine genügenden Messungen angestellt. Eben so fehlt es fast ganz an directen Beobachtungen über die Aenderungen der Temperatur in der Erdrinde. Die einzige umfassende bisher bekannt gewordene Reihe von Messungen ist diejenige, welche Ferguson zu Abbotshall in Fife in 56° 10′ und etwa 50′ über dem Spiegel des Meeres in den Jahren 1816 und 1817 anstellte. Die großen und starken Thermometerkugeln wurden 1, 2, 3 und 4 Fuß tief unter die Oberfläche gesenkt, während die Röhren an die Oberfläche hervorragten. Der mittlere Stand dieser Instrumente war nach dem Mittel beider Jahre folgender: [73]).

---

73) Ure Handwörterbuch der practischen Chemie. 8. Weimar 1825. S. 363.

Monat	Ein Fuß Tiefe	Zwei Fuß Tiefe	Drei Fuß Tiefe	Vier Fuß Tiefe
Januar	1°,56	3°,06	4°,78	6°,69
Februar	1,86	3,33	4,61	5,75
März	2,89	3,58	4,81	5,78
April	5,75	4,67	5,56	6,22
Mai	7,44	8,05	6,67	6,72
Junius	10,75	9,83	8,53	8,22
Julius	12,56	12,08	11,89	9,25
August	10,94	11,78	10,73	9,83
September	11,28	11,11	11,11	10,19
October	7,97	9,64	9,75	9,83
November	4,94	6,81	7,03	8,11
December	2,67	4,69	6,64	7,89
Jahr	6,72	7,39	7,67	7,87

lassen sich diese Größen darstellen durch folgende Ausdrücke:

Ein Fuß Tiefe:

$$_n = 6^\circ{,}718 + 5^\circ{,}380 \sin\left\{(n + \tfrac{1}{2})\, 30^\circ + 240^\circ\, 58'\right\} + 0^\circ{,}172 \sin\left\{(n + \tfrac{1}{2})\, 60^\circ + 342^\circ\, 28'\right\}$$

Zwei Fuß Tiefe:

$$_n = 7^\circ{,}386 + 4^\circ{,}744 \sin\left\{(n + \tfrac{1}{2})\, 30^\circ + 229^\circ\, 56'\right\} + 0^\circ{,}157 \sin\left\{(n + \tfrac{1}{2})\, 60^\circ + 37^\circ\, 15'\right\}$$

Drei Fuß Tiefe:

$$_n = 7^\circ{,}674 + 3^\circ{,}477 \sin\left\{(n + \tfrac{1}{2})\, 30^\circ + 219^\circ\, 37'\right\} + 0^\circ{,}457 \sin\left\{(n + \tfrac{1}{2})\, 60^\circ + 11^\circ\, 7'\right\}$$

Vier Fuß Tiefe:

$$_n = 7^\circ{,}875 + 2^\circ{,}191 \sin\left\{(n + \tfrac{1}{2})\, 30^\circ + 201^\circ\, 55'\right\} + 0^\circ{,}104 \sin\left\{(n + \tfrac{1}{2})\, 60^\circ + 2^\circ\, 13'\right\}$$

Größe, welche das in drei Fuß Tiefe eingesenkte Thermo-er im Julius angab, zeigt eine eigene Anomalie, wovon wir bei übrigen keine Spur finden. Da entweder Beobachtungsfeh- oder Druckfehler vorhanden zu seyn scheinen, so habe ich es zweckmäßig gehalten, diejenige Größe, welche die oben mit-eilte Formel für den Julius giebt, nämlich 10°,81, als beob-

achtete anzusehen und die Constanten nochmals zu bestimme dann erhalten wir

$$T_n = 7^\circ,584 + 3^\circ,332 \sin\left\{(n+\tfrac{1}{2})\, 30^\circ + 217^\circ\, 50'\right\}$$
$$+ 0^\circ,365 \sin\left\{(n+\tfrac{1}{2})\, 60 + 349^\circ\, 21'\right\}$$

Leiten wir aus diesen Ausdrücken die Extreme her, so finden wi

	Minimum	Maximum	Unterschied
Ein Fuß Tiefe	1°,444	12°,215	10°,771
Zwei Fuß Tiefe	2,511	12,272	9,761
Drei Fuß Tiefe	4,616	11,281	6,665
Vier Fuß Tiefe	5,748	10,143	4,395

Wir sehen hieraus also, daß der Unterschied zwischen der höchs und niedrigsten Temperatur desto kleiner wird, je tiefer wir hin steigen. Nach den theoretischen Untersuchungen von Fouri nimmt dieser Unterschied in geometrischer Reihe ab, wenn Tiefe in arithmetischer wächst. Ist Δ_p die der Tiefe p sprechende Differenz zwischen der höchsten und niedrigsten jä lichen Temperatur, so haben wir also

$$\log \Delta_p = a + bp$$

wo a und b constante Größen sind. Werden diese aus den ob Beobachtungen hergeleitet, so erhalten wir

$$\log \Delta_p = 1{,}20552 - 0{,}133359\, p.$$

Die folgende Tafel enthält die berechneten Differenzen.

Tiefe	Differenz: Beobachtet	Differenz: Berechnet	Unterschied
0	......	16°,05	....
1'	10°,771	11,808	+ 1,037
2'	9,761	8,686	— 1,075
3'	6,665	6,389	— 0,276
4'	4,395	4,700	+ 0,305
6'	......	2,543	....
10'	......	0,745	....
15'	......	0,160	....
20'	......	0,035	

In einer Tiefe von 20 Fuß sind also hier die jährlichen Aenderungen nahe verschwunden, da die Differenz zwischen den Extremen eine Größe ist, welche sich nur noch mit sehr guten Instrumenten wahrnehmen läßt. Nehmen wir demnach diese Größe als richtig, so würden die täglichen Aenderungen in einer Tiefe von 1',047 verschwinden, wofür wir nahe die Größe von einem Fuße annehmen können. Diese Größe aber gilt nur für den Punkt, an welchem jene Beobachtungen angestellt wurden, da das Leitungsvermögen des Bodens und die Differenz zwischen den Temperaturen des Winters und Sommers in der Luft hierauf großen Einfluß haben. Da in Deutschland die letztere Größe $\frac{1}{3}$ größer ist, als in England *), so wird die Tiefe, wo die jährlichen Aenderungen verschwinden, etwa 30' betragen.

Es fehlt bisher noch ganz an Beobachtungen, um diese Verhältnisse zu bestimmen; es ist in neueren Schriften wohl öfter die Bestimmung von Fourier mitgetheilt worden, wonach diese Oscillation in einer Tiefe von 180' (60^m) verschwinden soll, es ist dabei aber übersehen, daß diese ganze Bestimmung für eine eiserne Kugel gilt [74]). Schon Saussure suchte diesen Punkt zu fixiren, aber in einer Tiefe von 29,5 Fuß fand er noch eine Aenderung von 1° R [75]), woraus folgen würde, daß die Oscillationen erst in einer noch größern Tiefe verschwinden würden. Zu bemerken ist jedoch, daß die Messungen von Saussure in einem Brunnen angestellt wurden und daß mithin die äußere Luft hierauf einen größern oder geringern Einfluß äußern mußte.

Der obigen Bestimmung sehr nahe kommend ist das Resultat, welches Muncke aus den Messungen herleitete, welche er in Heidelberg anstellte. Er senkte drei Thermometer in $1\frac{1}{2}$, 3 und 5 Fuß Tiefe und fand durch fortgesetzte Beobachtungen folgende Thatsachen [76]):

1) die Einflüsse der täglichen Veränderungen der äußern Wärme reichen bis 1,5 Fuß der Erdrinde und verschwinden bei 3' Tiefe;

*) S. oben S. 60.

74) Mém. de l'Ac. des Sc. T. V. p. 165.

75) Aus Voyages III. §. 1418 in Bibl. britann. VIII, 341.

76) Gehler's Wörterb. N. A. III, 989.

2) die monatlichen Einflüsse fangen an zu verschwinden bei 5 Fuß;

3) die jährlichen Einflüsse werden hiernach in einer Tiefe von $\frac{12}{2} \cdot 5 = 30$ Fuß verschwinden.

Suchen wir die Zeiten auf, wo die äußersten und mittlern Temperaturen eintreten, so erhalten wir folgende Tage:

	Minimum	Medium	Maximum	Medium
Luft *)	12 Januar	27 April	27 Julius	23 Octbr.
Ein Fuß Tiefe	25 Januar	30 April	2 August	28 Octbr.
Zwei Fuß Tiefe	11 Februar	12 Mai	8 August	8 Novbr.
Drei Fuß Tiefe	23 Februar	28 Mai	22 August	16 Novbr.
Vier Fuß Tiefe	15 März	10 Junius	6 Septbr.	6 Decbr.

Ein jeder dieser Momente tritt also desto später ein, je tiefer der Punkt liegt. Schon Saussure machte auf diesen Umstand aufmerksam [77]) und er glaubte, daß in einer gewissen Tiefe das Minimum in demselben Momente eintreten würde, wo die Luft ihr Maximum erreicht, und umgekehrt; es würde dann die Temperatur dieses Punktes während desselben halben Jahres steigen, in welchem die der Luft sinkt. In noch größerer Tiefe würde sich auch dieser Gang wieder umkehren, das Maximum oder Minimum der Bodenwärme würde wieder mit dem der Lufttemperatur zusammenfallen. Im Allgemeinen betrachtet ist diese Folgerung richtig; aber beide Vorgänge werden sich erst in Tiefen ereignen, wo die Oscillationen nicht mehr wahrnehmbar sind. Ein jeder der betrachteten vier Momente tritt im Durchschnitte bei dem vier Fuß tiefen Thermometer 48 Tage später ein, als in der Luft. Nehmen wir an, daß diese Retardation gleichförmig mit der Tiefe wachse, so würde sie in einer Tiefe von 15 Fuß ein halbes Jahr betragen; aber hier sind die Aenderungen im Gange des Thermometers kaum noch wahrnehmbar.

Um die Wärme des Bodens zu bestimmen, ist es unstreitig am zweckmäßigsten, Thermometer bis zu gewissen Tiefen einzusenken; meistens hat man dazu andere Methoden angewendet. So

---

*) Bd. I. S. 127.

77) Bibl. brit. VIII, 341 aus Voyages III. §. 1418.

wird in Paris seit langer Zeit ein im Keller des Observatoriums hängendes Thermometer beobachtet. Gewöhnlich wird die Wärme der Quellen aufgesucht. Da nämlich das Wasser einen größern oder geringern Weg nimmt, um zu Tage zu treten, so wird es mit der Zeit die Temperatur des Gesteins annehmen, und wenn wir daher öfter im Jahre die Wärme des Quellwassers untersuchen, so erhalten wir dadurch auch ein Maaß für die Temperatur des Bodens, obgleich dabei freilich die Tiefe unbekannt bleibt, in welcher diese Wärme Statt findet. Roebuck scheint zuerst Messungen dieser Art empfohlen zu haben, indem er darauf aufmerksam machte, daß die Temperatur der Brunnen in London und Edinburgh sehr nahe mit der mittlern der Luft übereinstimmte [78]). In der Folge regte John Hunter den Gegenstand aufs Neue an, und zeigte, daß die Temperatur der Quellen auf Jamaica und London sehr nahe mit der der Luft zusammenfiel [79]). Erst durch Humboldt's Untersuchungen zwischen den Wendekreisen und namentlich die von ihm aus diesen Messungen hergeleiteten Folgerungen wurde der Gegenstand mehr beachtet [80]). Besonders war es Wahlenberg, welchem wir eine große Reihe trefflicher Beobachtungen in Scandinavien [81]), in der Schweiz [82]) und in den Karpathen [83]) verdanken. L. v. Buch, welcher diesen ausgezeichneten Pflanzengeographen zu den gedachten Untersuchungen aufgefordert hatte, stellte auf seinen Reisen ebenfalls eine Reihe von Messungen an und gab zuerst einen genügenden Grund für die Anomalieen, welche uns manche Quellen zeigen [84]). Unter verschiedenen Arbeiten mögen nur noch die Untersuchungen von Erman über die Temperatur der Quellen in der Nähe von

78) Philos. Trans. for 1775. Vol. LXV, 461.

79) Ibid. 1788. Vol. LXXVIII. p. 53.

80) Mém. d'Arcueil T. III. p. 597 enthält die meisten Resultate; einzelne Bemerkungen sind in dem Reiseberichte an verschiedenen Stellen.

81) Gilbert's Annalen XLI, 115.

82) Wahlenberg de Veget. et Clim. in Helvetia septentr. p. LXI.

83) Wahlenberg Flora Carp. p. XCIV.

84) L. v. Buch Canar. Ins. S. 80. Poggendorff's Ann. XII, 403.

Berlin [85]), die seines Sohnes über die Wärme des Bodens bei Königsberg [86]), so wie die umfassende und lehrreiche Arbeit von Kupffer [87]) erwähnt werden.

Bei dieser Untersuchung kommt sehr viel auf die Beschaffenheit der Quelle an, deren man sich zur Ermittelung der Bodentemperatur bedient. Der Ort, wo die Quelle gespeist wird, darf nicht zu tief unter der Oberfläche liegen. Wir werden sogleich nachher sagen, daß die Wärme in bedeutender Tiefe größer zu werden scheint; Quellen, deren Behälter sehr tief liegt, werden eine zu große Wärme angeben. Eben so wenig dürfen reichhaltige Mineralquellen zu dieser Untersuchung genommen werden, theils die Tiefe, aus welcher dieselben hervorkommen, theils die chemischen Processe, welche bei ihrer Bildung vor sich gehen, werden ihre Wärme modificiren. Schon Erman machte auf den Umstand aufmerksam, daß fast sämmtliche Salzquellen eine zu hohe Temperatur hätten [88]); selbst eine unverhältnißmäßig größere Menge von Kohlensäure ist im Stande, die Wärme der Quellen sehr bedeutend zu erhöhen [89]).

Will man die Temperatur des Bodens durch wenige Beobachtungen kennen lernen, so sind dazu wirklich fließende Quellen, welche in der Nähe der Oberfläche gespeist werden, am geeignetsten. Fließen die Quellen nur sparsam, oder sind es oben offene Brunnen, aus denen nur seltener Wasser geschöpft wird, so kann es geschehen, daß sich Anomalieen zeigen. Die Wärme wird im letzteren Falle stets etwas geringer seyn, weil im Winter die warme Luft aus der Tiefe in die Höhe steigt, durch kalte von oben hineinsinkende ersetzt wird, woraus nothwendig eine Depression der Temperatur erfolgt, für welche im Sommer keine analoge Compensation Statt findet. Als Bestätigung dient die von Erman gemachte Erfahrung, nach welcher ein oben gewölbter Brunnen bei Potsdam eine geringere Temperatur hatte, als alle übrigen Quellen der Gegend [90]).

85) Abh. d. Berl. Acad. 1818—19. S. 77.
86) Poggendorff's Ann. XI, 297.
87) Ebend. XV, 159.
88) Abh. d. Berl. Acad. 1818. S. 399.
89) Buch in Poggendorff's Ann. XII, 415.
90) Abh. d. Berl. Accad. für 1818. S. 388.

Wenn in solchen Brunnen das Wasser eine etwas große Höhe hat, so kann noch ein anderer Uebelstand eintreten. Es ist wenig wahrscheinlich, daß eine mehrere Fuß hohe Wassersäule in ihrer ganzen Länge einerlei Temperatur habe. Findet ein solcher Unterschied in der Wärme Statt, so werden sich die Schichten der ihrer Temperatur entsprechenden Dichtigkeit gemäß ordnen. Wird nun der Brunnen wenig ausgeschöpft, so kann schon ein etwas größeres oder geringeres Einsenken des Thermometers Differenzen erzeugen; ja wenn die Temperatur des Brunnens im Laufe des Jahres sehr bedeutende Oscillationen zeigt, so kann hier ein großer Fehler im mittlern Werthe entstehen, welcher nur dadurch vermindert wird, daß man das Wasser vor der Messung längere Zeit umrührt. Wie bedeutend die Fehler seyn können, welche bei einer einzelnen Messung bei Nichtbeachtung dieses Umstandes begangen werden, möge folgende Thatsache beweisen. Im Winter 1829—30 beobachtete ich mehrere Quellen und Brunnen in der Nähe von Halle. Unterhalb der Kreuzschäferei bei Cröllwitz befindet sich wenige Fuß über der Saale ein Gewölbe, aus welchem sparsam Wasser herausquillt, das in demselben eine Tiefe von 2 bis 3 Fuß hat. So wie die Temperatur in dem gedachten Jahre sank, nahm auch die Wärme des Wassers schnell ab. Am 3ten Januar 1830, wo ich bis dahin durch den Schnee verhindert, seit 14 Tagen die erste Messung machte, war die Thür des Brunnens wie gewöhnlich verschlossen; Mangel einer Spur im Schnee zeigte, daß hier seit längerer Zeit kein Wasser geschöpft war, die Oberfläche des Wassers war mit einer mehrere Linien dicken Eisrinde bedeckt. Nachdem diese zerschlagen war, zeigte sich unter der Eisdecke eine Temperatur, welche etwas höher war als die des Gefrierpunktes, aber nachdem das Wasser etwa eine Viertelstunde umgerührt war, fand ich in der Tiefe von einem Fuße eine Temperatur von 3° R, mochte ich das Thermometer vor dem Eintauchen bis etwa 8° erwärmt oder bis unter 0° erkaltet haben.

Selbst unter reichlicher fließenden Quellen giebt es sehr wenige, welche während des ganzen Jahres genau dieselbe Temperatur haben, und Angaben, welche ein Beobachter aus einer einzigen Messung hergeleitet hat, dürfen daher stets nur mit Vorsicht benutzt werden. Da sich aber die meisten Quellen im Laufe des Jahres nur wenig ändern, und es also bei Bestimmung des

Ganges der Wärme während dieser Zeit auf sehr kleine Differ
zen ankommt, so muß die Temperatur mit möglichster Schärfe
stimmt werden. Außer einer sorgfältigen Beobachtung des St
des ist erforderlich, daß das Thermometer und das Wasser ge
dieselbe Wärme haben. Man muß daher so lange warten,
zwischen beiden ein vollkommenes Gleichgewicht vorhanden ist,
dafür sorgen, daß das Thermometer während des Ablesens sei
Stand nicht ändere. Wahlenberg umwickelt die Kugel sei
Instrumentes mehrfach mit einem Stücke Tuch als einem schlech
Wärmeleiter, und legt dieses etwa eine Stunde auf den Bo
der Quelle [91]). Ich führe gewöhnlich eine Viertelstunde das Th
mometer in der Quelle hin und her, im Winter aber, wo a
diese Operation langweilig ist, wende ich folgendes Verfahren
Da mir die Wärme des Wassers sehr nahe aus den vorhergeh
den Messungen bekannt ist, so erwärme ich die Kugel, bis sie
etwa 2° höhere Temperatur hat, und bewege das Thermom
kurze Zeit im Wasser hin und her; nachdem der Stand abgel
ist, lasse ich das Thermometer in der Luft erkalten, bis es
1° bis 2° kälter ist, als die Quelle, und wiederhole die Messu
Beide Beobachtungen, die sich in wenigen Minuten anstellen
sen, haben mir selten eine Differenz von 0°,1 gegeben.

Nur wenige Quellen sind das ganze Jahr hindurch re
mäßig beobachtet worden; um manche Eigenthümlichkeite
Gange der Bodenwärme kennen zu lernen, will ich hier zuerst
Quellen aus der Nähe von Colinton bei Edinburgh in 55° 5
betrachten, welche vom August 1827 bis 1828 beobachtet
Die aus Kies kommende Quelle A liegt 336',8, die aus
kommende Quelle B 264',3 (engl.) über dem Meere [92]).

---

91) Gilbert's Annalen XLI, 117.

92) Berghaus Hertha, Januar 1829. Bd. XIII. S. 20.

Monat	Quelle A Beob.	Quelle A Berechn.	Quelle A Unterschied	Quelle B Beob.	Quelle B Berechn.	Quelle B Untersch.
Januar	8°,38	8°,34	—0°,04	7°,64	6°,99	—0°,65
Februar	7,69	7,94	+0,25	6,25	6,70	+0,45
März	7,95	7,63	—0,32	7,41	6,89	—0,52
April	7,71	7,78	+0,07	7,71	7,67	—0,04
Mai	8,14	8,35	+0,21	8,84	8,86	+0,02
Junius	9,13	9,03	—0,10	10,31	10,01	—0,20
Julius	9,58	9,45	—0,13	10,87	10,66	—0,21
August	9,36	9,44	+0,08	10,56	10,58	+0,02
Septbr.	9,03	9,17	+0,14	10,14	9,95	—0,19
October	9,06	8,92	—0,14	9,65	9,08	—0,57
Novbr.	8,78	8,79	+0,01	8,06	8,24	+0,18
Decbr.	8,63	8,65	+0,02	7,69	7,55	—0,14
Jahr	8,62			8,60		

Wir finden für den Gang dieser Quellen folgende Größen:

Quelle A:

$$T_n = 8^\circ,621 + 0^\circ,793 \sin\left\{(n + \tfrac{1}{2})\, 30^\circ + 209^\circ\, 0'\right\} + 0^\circ,289 \sin\left\{(n + \tfrac{1}{2})\, 60^\circ + 79^\circ\, 24'\right\}$$

Quelle B:

$$T_n = 8^\circ,600 + 1^\circ,964 \sin\left\{(n + \tfrac{1}{2})\, 30^\circ + 233^\circ\, 53'\right\} + 0^\circ,237 \sin\left\{(n + \tfrac{1}{2})\, 60^\circ + 79^\circ\, 20'\right\}$$

Die beiden Extreme sind bei der Quelle A 7°,62 und 9°,49, bei der Quelle B 6°,69 und 10°,71; bei jener beträgt also die Differenz 1°,87, bei dieser 4°,02. Die Zeiten, an denen die Extreme und Mittel eintreten, sind:

	Minimum	Mittel	Maximum	Mittel
Quelle A	21 März	25 Mai	30 Julius	19 December
Quelle B	20 Februar	10 Mai	27 Julius	7 November

Was uns also auch schon die Beobachtungen der in den Boden eingesenkten Thermometer gezeigt hatten, daß nämlich die Aenderungen desto langsamer erfolgen, je geringer der Umfang der Oscillationen ist, sehen wir auch hier bestätigt. Die mittlere

Ganges der Wärme während dieser Zeit auf sehr kleine Differenzen ankommt, so muß die Temperatur mit möglichster Schärfe bestimmt werden. Außer einer sorgfältigen Beobachtung des Standes ist erforderlich, daß das Thermometer und das Wasser genau dieselbe Wärme haben. Man muß daher so lange warten, bis zwischen beiden ein vollkommenes Gleichgewicht vorhanden ist, und dafür sorgen, daß das Thermometer während des Ablesens seinen Stand nicht ändere. Wahlenberg umwickelt die Kugel seines Instrumentes mehrfach mit einem Stücke Tuch als einem schlechten Wärmeleiter, und legt dieses etwa eine Stunde auf den Boden der Quelle [91]). Ich führe gewöhnlich eine Viertelstunde das Thermometer in der Quelle hin und her, im Winter aber, wo auch diese Operation langweilig ist, wende ich folgendes Verfahren an. Da mir die Wärme des Wassers sehr nahe aus den vorhergehenden Messungen bekannt ist, so erwärme ich die Kugel, bis sie eine etwa 2° höhere Temperatur hat, und bewege das Thermometer kurze Zeit im Wasser hin und her; nachdem der Stand abgelesen ist, lasse ich das Thermometer in der Luft erkalten, bis es etwa 1° bis 2° kälter ist, als die Quelle, und wiederhole die Messung. Beide Beobachtungen, die sich in wenigen Minuten anstellen lassen, haben mir selten eine Differenz von 0°,1 gegeben.

Nur wenige Quellen sind das ganze Jahr hindurch regelmäßig beobachtet worden; um manche Eigenthümlichkeiten im Gange der Bodenwärme kennen zu lernen, will ich hier zuerst zwei Quellen aus der Nähe von Colinton bei Edinburgh in 55° 54′ N betrachten, welche vom August 1827 bis 1828 beobachtet sind. Die aus Kies kommende Quelle A liegt 536′,8, die aus Lehm kommende Quelle B 264′,3 (engl.) über dem Meere [92]).

91) Gilbert's Annalen XLI, 117.

92) Berghaus Hertha, Januar 1829. [illegible]

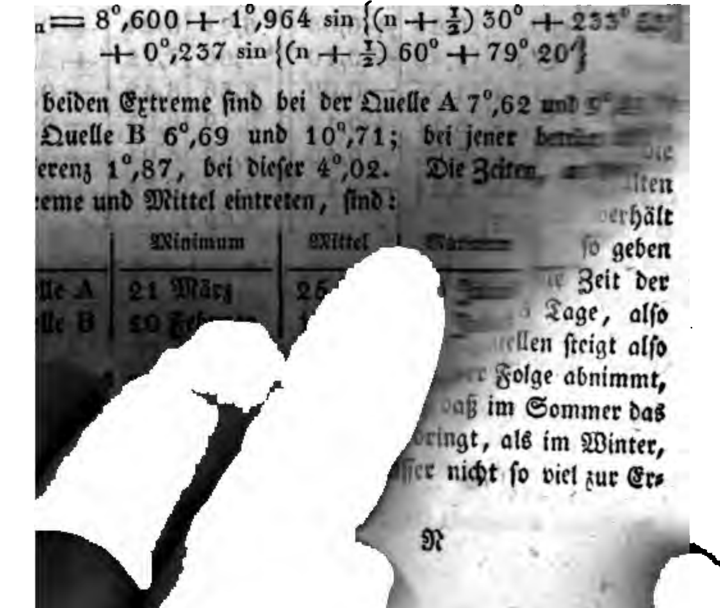
onat	Quelle A Beob.	Quelle A Berechn.	Quelle A Unterschied	Quelle B Beob.	Quelle B Berechn.	Quelle B Untersch.
uar	8°,38	8°,34	—0°,04	7°,64	6°,99	—0,°65
ruar	7,69	7,94	+0,25	6,25	6,70	+0,45
rz	7,95	7,63	—0,32	7,41	6,89	—0,52
il	7,71	7,78	+0,07	7,71	7,67	—0,04
i	8,14	8,35	+0,21	8,84	8,86	+0,02
ius	9,13	9,03	—0,10	10,31	10,01	—0,20
ius	9,58	9,45	—0,13	10,87	10,66	—0,21
uſt	9,36	9,44	+0,08	10,56	10,58	+0,02
tbr.	9,03	9,17	+0,14	10,14	9,95	—0,19
ober	9,06	8,92	—0,14	9,65	9,08	—0,57
br.	8,78	8,79	+0,01	8,06	8,24	+0,18
br.	8,63	8,65	+0,02	7,69	7,55	—0,14
r	8,62			8,60		

Wir finden für den Gang dieser Quellen folgende Größen:

elle A:

$$T_n = 8^\circ{,}621 + 0^\circ{,}793 \sin\left\{(n + \tfrac{1}{2})\, 30^\circ + 209^\circ\, 0'\right\}$$
$$+ 0^\circ{,}289 \sin\left\{(n + \tfrac{1}{2})\, 60^\circ + 79^\circ\, 24'\right\}$$

elle B:



$$_n = 8^\circ{,}600 + 1^\circ{,}964 \sin\left\{(n + \tfrac{1}{2})\, 30^\circ + 233^\circ \ldots\right.$$
$$\left. + 0^\circ{,}237 \sin\left\{(n + \tfrac{1}{2})\, 60^\circ + 79^\circ\, 20'\right\}\right.$$

beiden Extreme sind bei der Quelle A 7°,62 und ...
Quelle B 6°,69 und 10°,71; bei jener ... ie
ferenz 1°,87, bei dieser 4°,02. Die Zeiten, ... lten
reme und Mittel eintreten, sind: ... erhält

	Minimum	Mittel	Maximum
lle A	21 März	25	[illegible]
lle B	20 Feb[illegible]	[illegible]	[illegible]

... so geben
... Zeit der
... Tage, also
... ellen steigt also
... Folge abnimmt,
... daß im Sommer das
... ringt, als im Winter,
... ſer nicht so viel zur Er-

N

Wärme beider Quellen ist 8°,61, die der Luft 8°,43, wir können beide als vollkommen identisch annehmen, wie dieses auch schon Roebuck vermuthet hatte; da dieser durch die Temperatur der Quellen zu Edinburgh 8°,33 giebt, so stimmt das Mittel beider noch mehr mit der Wärme der Luft überein.

Etwas anders sind die Verhältnisse im Innern des Festlandes. Bei Upsala beobachtete Wahlenberg die Temperatur einiger Quellen mehrere Jahre hindurch, so daß nur die Bestimmungen einiger Monate fehlen, die ich durch Interpolation ergänzt habe. Die Professorquelle bei Haga und der Källsprong sind diejenigen, welche die größten Oscillationen zeigen und bei denen die meisten Beobachtungen angestellt sind. Diese geben folgende Größen. (Die durch Interpolation gefundenen sind mit * bezeichnet.)

	Källsprong			Professorquelle		
Monat	Beob.	Berechn.	Unterschied	Beob.	Ber.	Unterschied
Januar	2°,53	2°,63	+ 0°,10	4°,96	4°,91	— 0°,05
Februar	1,95	2,07	+ 0,12	4,37	4,42	+ 0,05
März	1,34	1,18	— 0,16	3,99	4,04	+ 0,05
April	1,04	0,93	— 0,21	3,61	3,74	+ 0,13
Mai	2,02	2,64	+ 0,62	3,76	3,87	+ 0,11
Junius	7,10	6,38	— 0,73	4,91	4,74	— 0,17
Julius	*10,36	10,44	+ 0,08	* 6,21	6,24	+ 0,03
August	12,55	12,45	— 0,10	* 7,66	7,72	+ 0,06
September	11,44	11,35	— 0,09	8,55	8,42	— 0,13
October	7,99	8,17	+ 0,18	8,19	8,03	— 0,16
November	5,10	5,00	— 0,10	6,92	6,91	— 0,01
December	3,36	3,24	— 0,12	5,72	5,73	+ 0,01
Jahr	6,57			5,69		

Die Temperatur des Källsprong wird ausgedrückt durch die Gleichung

$$T_n = 5°,573 + 5°,325 \sin\{(n + \tfrac{1}{2})\, 30° + 212°\, 9'\} + 1°,727 \sin\{(n + \tfrac{1}{2})\, 60° + 5°\, 5'\}$$

die der Professorquelle durch

$$T_n = 5°,687 + 2°,243 \sin\{(n + \tfrac{1}{2})\, 30° + 182°\, 16'\} + 0°,509 \sin\{(n + \tfrac{1}{2})\, 60° + 311°\, 47'\}$$

Die Extreme sind beim Källsprong 0°,85 und 12°,48, bei :r Professorquelle 3°,72 und 8°,44; der Unterschied beträgt bei ner 11°63, bei dieser 4°,72. Die Zeit der Extreme und Mit- l ist

	Minimum	Mittel	Maximum	Mittel
ällsprong	6 April	9 Junius	19 August	9 Nov.
rofessorquelle	24 April	25 Junius	19 Septbr.	15 Dec.

Also auch hier finden diese gedachten vier Momente desto üher Statt, je größer die Oscillationen der Temperatur sind. iegreiflich wird es indessen von selbst, daß wir hiedurch den Gang :r Wärme in keiner Tiefe kennen lernen. Indem z. B. in der ılten Jahreszeit die Gewässer in die Tiefe dringen, wird ihre emperatur immer mehr erhöht; treten sie dann aber wieder zu age, so geben sie einen Theil dieser Wärme an das Gestein ab, nd es ist daher ihre Wärme gleich dem Mittel ihrer eigenen emperatur und der des umgebenden Bodens.

Es fehlt leider bisher noch sehr an umfassenden regelmäßigen Beobachtungen über den Gang der Quellentemperatur in verschie- denen Gegenden; jedoch zeigt eine Vergleichung der beiden vorher etrachteten schottischen Quellen mit denen bei Upsala einige Diffe- renzen. Aus der Untersuchung von Fourier folgt, daß die Temperatur der Quellen eben so lange steige, als sie sinkt; dieses cheint jedoch nicht der Fall zu seyn. Bei Edinburgh steigt die Wärme der Quelle A 130 Tage, sie sinkt 235 Tage; die der Quelle B steigt 157 Tage, sie sinkt 208 Tage, in beiden ist die Zeit des Sinkens größer als die des Steigens, im Mittel erhalten ir für beide 144 und 221 Tage; die Zeit des Steigens verhält ch also zu der Zeit des Sinkens wie 1 : 1,53. Eben so geben ns die beiden schwedischen Quellen im Mittel für die Zeit der Wärmezunahme 142, für die der Abnahme 223 Tage, also as Verhältniß 1 : 1,57, die Temperatur der Quellen steigt also beiden Erdtheilen weit schneller, als sie in der Folge abnimmt, won der Grund darin zu liegen scheint, daß im Sommer das Wasser weit leichter in die feste Erdrinde dringt, als im Winter, daß das im Winter herabsinkende Wasser nicht so viel zur Er- ltung beitragen kann.

Betrachten wir Zeiten, während welcher die Tempe über oder unter dem Mittel liegt, so finden wir bei Edinl bei der Quelle A 208 und 157, bei der Quelle B 181 184 Tage, im Durchschnitte ist die Temperatur 194 Tage und 171 unter dem Mittel, so daß beide Zeiten entweder sind, oder die Temperatur doch länger über als unter dem M liegt. Dieses scheint in Schweden nicht der Fall zu seyn, nach einem Durchschnitte beider Quellen ist die Tempe 163 Tage größer und 202 Tage kleiner als das Mittel, si sich die Wärme bei den höheren Temperaturen schneller äı als bei den niedrigeren.

Es hängen diese beiden Thatsachen innig zusammen mit andern Umstande, auf welchem zuerst Humboldt und Wal berg aufmerksam machten. Indem ersterer die Tempe der Quellen in Süd-America beobachtete, zeigte sich, daß meistens geringer war, als die der Luft; letzterer fand dag daß in Schweden und Lappland die Wärme derjenigen Qu welche sich im ganzen Jahre fast gar nicht änderten, bede größer war, als die der Luft. Längere Zeit fortgesetzte Be tungen bei Upsala hatten ihm gezeigt, daß die Wärme der len desto größer werden, je constanter sie werden [93]); zwei Qu die im Grunde von Seen hervorsprudelten, gaben die con Temperatur von 6°,5, und diese sieht er als mittlere Bodenw von Upsala an [94]). Diese Wärme übertrifft die der Luft um als 1°, und alle übrigen in Schweden angestellten Beobacht zeigten, daß der Boden wärmer sey, als die Luft. Eben Beobachter fand, daß die Temperatur der Quellen auf den ren Punkten der Schweizer Alpen größer sey, als die der Lu Humboldt stellt deshalb den Satz auf, daß zwischen den ten von 40° und 45° und bis zu Höhen von 3000′ (1000m Wärme der Luft und die der Quellen nahe übereinstimmten, aber in höheren Breiten und auf den hohen Gipfeln der die Quellen bei weitem wärmer seyen [96]).

93) Gilbert's Annalen XLI, 150.

94) Ibid. p. 134.

95) Wahlenberg de Veget. et Clim. in Helvet. sept. p. LX u. LXXXIV.

96) Mém. d'Arcueil III, 599.

Aber dieses Verhältniß zwischen Boden- und Luftwärme ist ein von der Breite völlig unabhängiges Phänomen. Während in Süd-America in der Nähe des Aequators die Bodenwärme geringer ist, als die der Luft, fand die Commission des Arts im Josephsbrunnen, welcher in der Citadelle von Cairo 200 Fuß tief gegraben ist, die constante Temperatur von 22°,5, wenig von der Wärme der Luft (22°,2) abweichend. Eine treffliche Quelle bei Cesareo unfern Palestrina bei Rom hatte nach Buch am 29. August eine Temperatur von 11°,88 [97]), während die Wärme der Luft 15°,5 beträgt. In Deutschland und noch mehr in Schweden ist die Wärme der Quellen größer als die der Luft; daß aber nicht die Breite hieran Schuld sey, geht daraus hervor, daß in England beide Größen nahe übereinstimmen, während in Norwegen die Wärme der Quellen geringer ist, als die der Luft, denn nach den Messungen von Bohr beträgt die Lufttemperatur in Bergen 8°,18, die der Quellen nur 5°,70 [98]).

Wahlenberg, welcher hauptsächlich die höhere Temperatur der Quellen in Schweden vor Augen hatte, sucht den Grund in der beschützenden Schneedecke, durch welche vermöge ihrer geringen wärmeleitenden Kraft die Winterkälte abgehalten werde in den Boden zu dringen. Aber Buch leitet mit Recht diese Erscheinung aus der Temperatur des Regenwassers ab [99]). Wirkte hiebei blos die Sonnenwärme, so ist gewiß, daß wir allenthalben eine Bodenwärme antreffen würden, welche gleich der mittlern der Luft ist; aber auf der andern Seite bedarf es keines Beweises, daß das Wasser der Quellen eine Temperatur hat, welche gleich der mittlern Temperatur des in den Boden dringenden Regenwassers ist. Wäre die in den einzelnen Jahreszeiten herabfallende Regenmenge gleich, so würde der letztere Umstand hierauf nur einen geringen Einfluß haben. Wo aber die im Sommer herabfallende Regenmenge größer ist, als im Winter, oder umgekehrt, muß die Temperatur des Regenwassers größer oder kleiner seyn, als bei gleichförmiger Vertheilung Statt finden würde. So ist die Temperatur der Quellen eine Function von der Temperatur

97) Poggendorff's Annalen XII, 408.

98) Magaz. for Naturvid. 1826. Heft II. S. 337.

99) Poggendorff's Annalen XII, 405.

der Luft und der des Regenwassers; zu einer genauen Bestimmung der Quellenwärme würde außer diesen Größen noch eine Kenntniß von der Wärme-Capacität des Bodens erforderlich seyn. Sind diese Thatsachen bisher auch noch unbekannt, so ist doch so viel gewiß, daß die Quellen in Gegenden, wo Sommerregen vorherrschen, wärmer sind, als die Luft; wo Winterregen vorherrschen, sind sie kälter. Daher stimmen beide nahe in England überein, daher ist ihre Temperatur in Norwegen und Italien geringer, in Schweden und Deutschland größer, daher die größere Bodenwärme auf den hohen Alpen, ganz demjenigen gemäß, was früher über die Vertheilung des Regens gesagt wurde. Daher ist es wahrscheinlich, daß in Spanien und Portugal, so wie in der Gruppe des Rhonethales, die Quellen kälter seyn werden, als die Luft, wie dieses Buch's Messungen auf den canarischen Inseln aufs entschiedendste beweisen. Im hohen Norden, wo mehrere Monate hindurch Schnee fällt, wird, wie ich glaube, die Wärme der Quellen allerdings durch den Schnee erhöht, aber auf eine andere Art, als Wahlenberg glaubt. Das Wasser, welches in fester Gestalt zum Boden gelangt, kann in diesen nicht eindringen und also die Temperatur nicht deprimiren; folgt im Frühlinge schnell Thauwetter, so fließt der größte Theil davon auf der Oberfläche fort, und hat daher fast gar keinen Einfluß auf die Modification der Wärme.

Aus eben diesem Umstande leitet Buch auch die geringere Temperatur des Bodens zwischen den Wendekreisen her. Wenn dort die nasse Jahreszeit beginnt, so wird die Luft auffallend kälter; das aus großer Höhe herabfallende Wasser hat eine sehr geringe Wärme, so daß namentlich im Anfange der nassen Jahreszeit die Temperatur der Luft in kurzer Zeit an 8 bis 10° F. sinkt[1]). Daher wird hier die Temperatur der Quellen geringer seyn, als die der Luft, wie namentlich aus den Messungen Humboldt's in den Gebirgen von Cumana und Caracas hervorgeht[2]); weniger bedeutend scheint dieser Unterschied am Niveau des Meeres zu seyn. Eben diese geringere Temperatur bestätigen die Erfahrungen von Ferrer, welcher die Wärme eines 100′ tiefen Brunnens

1) Winterbottom Sierra-Leoneküste S. 54.

2) Gilbert's Ann. XXIV, 46.

bei der Havanna 23°,5 fand, während die der Luft 25°,5 ist. Im Innern von Congo fand Smith in einer Höhe von 1360′ als Temperatur der Quellen 22°,8, während die Wärme der Luft 25°,6 verlangt haben würde. Wo es dagegen zwischen den Wendekreisen das ganze Jahr regnet, da stimmen auch Wärme von Luft und Boden nahe überein. So fand Smith auf den capverdischen Inseln bei St. Yago einen 18 Fuß tiefen Brunnen, aus welchem alle Bewohner ihr Trinkwasser holen, von 24°,44 und eine schöne 1000 Fuß höher liegende Quelle 25°, was wahrscheinlich nahe mit der Wärme der Luft stimmen wird. Eben so fand Buchanan in Nepaul in 28° N und 4140′ Höhe die Temperatur der Quellen 17°,79, die der Luft 17°,91, also keine Differenz; beides aber sind Gegenden, wo im Laufe des ganzen Jahres Niederschläge Statt finden.

Kupffer hat gegen diese einfache Hypothese Buch's mehrere Einwendungen gemacht, welche zum Theil mit der hier fremdartigen Frage über die Entstehung der Quellen zusammenhängen [3]). Indem er den Umstand vor Augen behält, daß die Temperatur der Quellen in dem Meridiane von Cairo und Upsala die der Luft übersteige, glaubt er den Grund für diese höhere Wärme im Innern der Erde suchen zu müssen. Wenn man bedenkt, daß unter diesem Meridiane zwei thätige Vulcane (Vesuv und Aetna) liegen, daß Deutschland mit Basalt und andern vulcanischen Producten überhäuft ist, daß eine Menge mehr oder minder warmer Quellen von der hohen Temperatur im Innern zeugen; daß endlich in den tyroler Gebirgen überall Porphyr und Augitfels hervordringt, denen diese ungeheuren Massen ihre Erhebung verdanken, so ist es wohl natürlich anzunehmen, daß eben dieses Vorhandenseyn von geschmolzenen vulcanischen Materien, die sich vielleicht in geringer Tiefe unter der Oberfläche des ganzen Landstriches befinden, die größere Wärme des Bodens bedingen [4]).

Daß vulcanische Kräfte im Stande sind, die Temperatur der Quellen zu erhöhen, zeigen uns alle heiße Mineralquellen, die besonders in der Nähe von Vulcanen angetroffen werden; welch

3) Poggendorff's Annalen XV, 184. Ueber die Frage, ob das Wasser in die Tiefe dringen könne, vergleiche v. Trebra über das Innere der Gebirge S. 33.

4) Ebend. S. 187.

der Luft und der des Regenwassers; zu einer genauen Bestimmung der Quellenwärme würde außer diesen Größen noch eine Kenntniß von der Wärme-Capacität des Bodens erforderlich seyn. Sind diese Thatsachen bisher auch noch unbekannt, so ist doch so viel gewiß, daß die Quellen in Gegenden, wo Sommerregen vorherrschen, wärmer sind, als die Luft; wo Winterregen vorherrschen, sind sie kälter. Daher stimmen beide nahe in England überein, daher ist ihre Temperatur in Norwegen und Italien geringer, in Schweden und Deutschland größer, daher die größere Bodenwärme auf den hohen Alpen, ganz demjenigen gemäß, was früher über die Vertheilung des Regens gesagt wurde. Daher ist es wahrscheinlich, daß in Spanien und Portugal, so wie in der Gruppe des Rhonethales, die Quellen kälter seyn werden, als die Luft, wie dieses Buch's Messungen auf den canarischen Inseln aufs entschiedendste beweisen. Im hohen Norden, wo mehrere Monate hindurch Schnee fällt, wird, wie ich glaube, die Wärme der Quellen allerdings durch den Schnee erhöht, aber auf eine andere Art, als Wahlenberg glaubt. Das Wasser, welches in fester Gestalt zum Boden gelangt, kann in diesen nicht eindringen und also die Temperatur nicht deprimiren; folgt im Frühlinge schnell Thauwetter, so fließt der größte Theil davon auf der Oberfläche fort, und hat daher fast gar keinen Einfluß auf die Modification der Wärme.

Aus eben diesem Umstande leitet Buch auch die geringere Temperatur des Bodens zwischen den Wendekreisen her. Wenn dort die nasse Jahreszeit beginnt, so wird die Luft auffallend kälter; das aus großer Höhe herabfallende Wasser hat eine sehr geringe Wärme, so daß namentlich im Anfange der nassen Jahreszeit die Temperatur der Luft in kurzer Zeit an 8 bis 10° F. sinkt[1]). Daher wird hier die Temperatur der Quellen geringer seyn, als die der Luft, wie namentlich aus den Messungen Humboldt's in den Gebirgen von Cumana und Caracas hervorgeht[2]); weniger bedeutend scheint dieser Unterschied am Niveau des Meeres zu seyn. Eben diese geringere Temperatur bestätigen die Erfahrungen von Ferrer, welcher die Wärme eines 100′ tiefen Brunnens

1) Winterbottom Sierra-Leoneküste S. 54.

2) Gilbert's Ann. XXIV, 46.

bei der Havanna 23°,5 fand, während die der Luft 25°,5 ist. Im Innern von Congo fand Smith in einer Höhe von 1360′ als Temperatur der Quellen 22°,8, während die Wärme der Luft 25°,6 verlangt haben würde. Wo es dagegen zwischen den Wendekreisen das ganze Jahr regnet, da stimmen auch Wärme von Luft und Boden nahe überein. So fand Smith auf den capverdischen Inseln bei St. Yago einen 18 Fuß tiefen Brunnen, aus welchem alle Bewohner ihr Trinkwasser holen, von 24°,44 und eine schöne 1000 Fuß höher liegende Quelle 25°, was wahrscheinlich nahe mit der Wärme der Luft stimmen wird. Eben so fand Buchanan in Nepaul in 28° N und 4140′ Höhe die Temperatur der Quellen 17°,79, die der Luft 17°,91, also keine Differenz; beides aber sind Gegenden, wo im Laufe des ganzen Jahres Niederschläge Statt finden.

Kupffer hat gegen diese einfache Hypothese Buch's mehrere Einwendungen gemacht, welche zum Theil mit der hier fremdartigen Frage über die Entstehung der Quellen zusammenhängen [3]. Indem er den Umstand vor Augen behält, daß die Temperatur der Quellen in dem Meridiane von Cairo und Upsala die der Luft übersteige, glaubt er den Grund für diese höhere Wärme im Innern der Erde suchen zu müssen. Wenn man bedenkt, daß unter diesem Meridiane zwei thätige Vulcane (Vesuv und Aetna) liegen, daß Deutschland mit Basalt und andern vulcanischen Producten überhäuft ist, daß eine Menge mehr oder minder warmer Quellen von der hohen Temperatur im Innern zeugen; daß endlich in den tyroler Gebirgen überall Porphyr und Augitfels hervordringt, denen diese ungeheuren Massen ihre Erhebung verdanken, so ist es wohl natürlich anzunehmen, daß eben dieses Vorhandenseyn von geschmolzenen vulcanischen Materien, die sich vielleicht in geringer Tiefe unter der Oberfläche des ganzen Landstriches befinden, die größere Wärme des Bodens bedingen [4].

Daß vulcanische Kräfte im Stande sind, die Temperatur der Quellen zu erhöhen, zeigen uns alle heiße Mineralquellen, die besonders in der Nähe von Vulcanen angetroffen werden; welch

3) Poggendorff's Annalen XV, 184. Ueber die Frage, ob das Wasser in die Tiefe dringen könne, vergleiche v. Trebra über das Innere der Gebirge S. 33.

4) Ebend. S. 187.

einen Einfluß selbst die von jenen Wassern fortgestoßene Kohlensäure auf die übrigen Quellen habe, davon liefert die Salzquelle bei Nauheim einen auffallenden Beweis. Sie liegt tief, kommt aus Grauwacke und ist vom Flözgebirge weit entfernt. Ihre Temperatur erhielt sich beständig zwischen 22°,5 und 25°; sie perlte und schäumte beim Hervorbrechen und war stets mit einer Schicht von kohlensaurem Gase bedeckt. Um die Soole zu verstärken, wurden Bohrversuche angestellt. Vom September bis December 1822 hatte man ein Bohrloch von 60 Fuß gestoßen, und der Gehalt hatte sich von $2\frac{1}{2}$ bis 3 Procent vermehrt. Ihre Wärme betrug jetzt 27°,5. Im Februar 1823 wurde die Arbeit bis 80 Fuß Tiefe fortgesetzt, es erschien eine große Menge von Wasser, wenigstens 36000 Kubikfuß im Tage, dabei hatte die Menge der Kohlensäure bedeutend zugenommen und die Temperatur der Quelle war bis zu 31°,25 gestiegen. Leop. v. Buch, welcher diese Thatsache erzählt [5]), machte auf den canarischen Inseln eine ähnliche Erfahrung. Auf Gran Canaria betrug die Temperatur dreier Quellen übereinstimmend 16°,75; eine nicht weit entfernte Sauerquelle zeigte 21°,5 *). Im Taunus habe ich dasselbe bemerkt. Am 13ten September 1829 fand ich zwischen Schwalbach und Schlangenbad unfern des Dorfes Wambach in einer mäßig starken Quelle eine Temperatur von 9°,4; unterhalb Schlangenbad zeigte eine andere 9°,8, so daß wir 9°,6 als nahe richtig annehmen können. Die Temperatur des etwas Kohlensäure enthaltenden Faulbrunnens unfern der Kaserne in Wiesbaden betrug am 11ten September und 5ten October übereinstimmend 12°,2.

Ist demnach nicht zu läugnen, daß die Nähe des vulcanischen Heerdes die Wärme der Quellen erhöhen könne, so scheint es doch wenig wahrscheinlich, daß Kupffer's Ansicht die richtige sey. Gerade auf dem vulcanischen Teneriffa ist die Wärme des Bodens geringer als die der Luft, und auch in dem Meridian, welchen Kupffer betrachtet, ist die Temperatur des Bodens in der Nähe der Vulcane am kleinsten. Es ist schon diese Differenz in Rom erwähnt, noch näher am Aetna zeigen die Quellen in

---

5) Poggendorff's Ann. XII, 417.

*) Ebend. S. 414.

no übereinstimmend eine Temperatur von 16°,25, wäh-
ie der Luft 16°,77 beträgt.

Die Wärme der Quellen nimmt eben so wie die der Luft mit
itfernung von der Erdoberfläche ab, bis jetzt aber ist das
eine Gesetz, nach welchem diese Abnahme erfolgt, noch
ekannt. In Gebirgen, wo wir diese Messungen allein vor-
n können, sind sehr viele Anomalieen möglich. Das Was-
ingt durch Spalten entweder sehr schnell von oben nach unten
)ird durch hydrostatischen Druck in entgegengesetzter Rich-
ehoben; ist die Bewegung so schnell, daß das Wasser nicht
mperatur des Gesteines annehmen kann, so wird die ge-
e Größe mehr oder weniger von der wahren abweichen.
e Höhe zu bestimmen, für welche sich die Temperatur der
n um 1° ändert, will ich die Messungen anwenden, welche
'enberg in den nördlichen Alpen anstellte [6]). Darnach
n wir folgende Größen:

Quelle	Höhe Toisen	Beobachtet	Hypothese A Ber.	Hypothese A Untersch.	Hypothese B Ber.	Hypothese B Untersch.
Samling	242 t	9°,40	8°,59	—0°,81	8°,47	—0°,9
den	287	8,00	8,29	+0,29	8,15	+0,15
l	401	7,70	7,53	—0,17	7,44	—0,26
)	452	6,30	7,19	+0,89	7,11	+0,81
rg	507	6,50	6,83	+0,33	6,75	+0,25
nen	542	6,20	6,59	+0,39	6,53	+0,33
	642	5,90	5,93	+0,03	5,88	—0,02
)runn	682	6,00	5,66	—0,34	5,62	—0,38
brunn	709	5,00	5,48	+0,48	5,45	+0,45
d, Rigi	734	6,30	5,31	—0,99	5,29	—1,01
d, Schwander-nd	744	5,60	5,25	—0,35	5,23	—0,37
unt	766	5,30	5,10	—0,20	5,09	—0,21
	778	5,00	5,02	+0,02	5,01	+0,01
zberg	779	5,50	5,01	—0,49	5,00	—0,50
unae, Pilatus	877	4,10	4,36	+0,26	4,37	+0,27
sberg	891	3,80	4,27	+0,47	4,28	+0,48
	959	3,70	3,82	+0,12	3,85	+0,15
Alp	996	2,90	3,57	+0,67	3,61	+0,71
en	1096	3,50	2,90	—0,60	2,97	—0,53

Wahlenberg de veget. et clim. in Helvet. septentr.
LXXVII. §. 87.

Nehmen wir an, die Temperatur nehme gleichförmig mit der Höhe ab, so giebt die Methode der kleinsten Quadrate den Ausdruck

$$t_h = 10^\circ,203 - 0,0066615 \, . \, h \qquad (A)$$

Wird aber vorausgesetzt, daß die Temperatur in geometrischer Reihe abnehme, während die Höhe in arithmetischer wächst, so erhalten wir, die Temperatur in Graden des Luftthermometers ausgedrückt,

$$\log t_h = 0,016065 - 0,000010265 \, . \, h \qquad (B)$$

Die nach den beiden Hypothesen berechneten Größen sind in der obigen Tafel enthalten; die Abweichungen zwischen ihnen und den durch die Beobachtungen gegebenen Größen sind so beschaffen, daß sich nicht entscheiden läßt, welcher von ihnen der Vorzug zu geben ist. Für das Niveau des Meeres giebt uns der Ausdruck (A) die Größe 10°,20, der Ausdruck (B) die Größe 10°,05, beides kleiner als die oben für die Luft gefundene Größe, obgleich freilich die Punkte, für welche die Abnahme der Lufttemperatur bestimmt wurde, etwas südlicher liegen. Nach dem Ausdrucke (A) muß man 150 Toisen in die Höhe steigen, wenn die Wärme des Bodens um 1° sinken soll.

Zur Uebersehung des Verhaltens zwischen Luft- und Bodenwärme will ich für die Alpen beide Größen unter der Voraussetzung berechnen, daß die Wärme nach einer geometrischen Reihe abnehme. Wenden wir die beiden gefundenen Ausdrücke an, so ergiebt sich:

Höhe	Luft	Boden	Luft wärmer als Boden
0^t	12°,00	10°,05	1°,95
100	10,99	9,40	1,59
200	9,86	8,74	1,12
300	8,78	8,09	0,69
500	6,58	6,79	—0,21
700	4,41	5,51	—1,10
1000	1,18	3,59	—2,41
1200	— 0,95	2,31	—3,26
1500	— 4,13	0,41	—4,54
1800	— 7,26	— 2,09	—5,17
2000	— 9,11	— 3,33	—5,78

Während also die Luft am Ufer des Meeres nahe 2° wärmer
s der Boden, stimmen beide in einer Höhe von 450 Toisen
ı; in einer Höhe von 2000 Toisen aber ist der Boden fast
rmer als die Luft. Es scheint jedoch, als ob sich in der Ab-
der Bodenwärme in verschiedenen Gegenden noch weit be-
dere Differenzen zeigten, als bei der Temperatur. Ich werde
ei der Deduction der Messungen auf das Niveau des Mee-
se für die Schweizer Alpen gefundene Bestimmung an-
n.

Folgende Tafel enthält die in verschiedenen Gegenden der
efundenen Temperaturen der Quellen:

Ort	Breite	Länge	Höhe	Temp.	Beobachter
tis	68° 30′		267 t	1°,70	Wahlenberg [7])
Windeln	65. 45		177	1,80	Wahlenberg [8])
	64. 30		100	2,00	Wahlenberg [8])
	70. 15			2,20	Hellant [9])
le	65. 0			2,60	Wahlenberg [8])
	59. 20			2,50	Erman [9a])
owsk	60. 0		103	1,88	Kupffer [10])
	63. 50			2,90	Wahlenberg [8])
Alp			996	2,95	Wahlenberg [11])
	65. 51			3,00	Hellant [9])
turie	59. 0		103	2,37	Kupffer [10])
brunnen, Carp.			996	3,40	Wahlenberg [12])
ven			1096	3,50	Wahlenberg [11])
hka	53. 55		0	3,60	Chamisso [13])
ı, Alp.			959	3,70	Wahlenberg [11])
cza, Carp.			816	3,80	Wahlenberg [12])
berg			891	3,80	Wahlenberg [11])
i-Tagilsk	58. 0		103	2,88	Kupffer [10])
ad	62. 30			4,00	Wahlenberg [8])
vall	62. 30			4,00	Wahlenberg [8])
s			877	4,10	Wahlenberg [11])
Malka, Caucasus	43. 30		1283	4,12	Kupffer [14])

Wahlenberg Flora Lapp. p. LI.
Gilbert's Ann. XLI, 152.
bh. d. Schwed. Acad. 1753.
Poggendorff's Ann. XVII, 340.
Ibid. XV, 180.
Wahlenberg de Veget. et Clim. in Helv.
Ibid. Flora Carp. p. XCI.
Im Julius 1817 war die Temperatur der Quellen in den niedern Thä-
n zwischen 38° und 39° F. Kotzebue Reise III, 166.
Brewster Edinb. Journ. of Sc. N. S. IV, 353.

Ort	Breite	Länge	Höhe	Temp.	Beobachter
Botzen, Carp.			566t	4°,55	Wahlenberg [12])
Huddiksvall	61° 45′			4,80	Wahlenberg [8])
Drontheim	63. 30			5,00	Esmark [14a])
Abo				5,00	Leche [15])
Dreybrunnen, Carp.			556	5,00	Wahlenberg [12])
Martisbrunn am Mondberg			709	5,00	Wahlenberg [11])
Gefle				5,50	Wahlenberg [8])
Schwartzberg, Alp.			779	5,50	Wahlenberg [11])
Schwander-Allmend			744	5,60	Wahlenberg [11])
Bergen	60. 24			5,70	Bohr [16])
Dal-Elf Mündung	60. 30			5,70	Wahlenberg [8])
Kisnekejewa	54. 30		154	4,38	Kupffer [10])
Hochalp			687	5,90	Wahlenberg [11])
Pilatus			682	6,00	Wahlenberg [11])
Molde	62. 42			6,00	Engeström [17])
Petersburg	59. 56			6,12	Kupffer [14])
Guttannen, Alp.			1042	6,20	Wahlenberg [11])
Kasan	55. 44	49. 30		6,25	Kupffer [10])
Ullensvang	60. 20		734	6,25	Hentiberg [18])
Rigi, Kaltebad			507	6,40	Wahlenberg [11])
Upsala	59. 51		100	6,50	Wahlenberg [8])
Engelberg				6,50	Wahlenberg [11])
Moscau	55. 45			6,50	Kupffer [14])
Westküste von Norwegen	60. 0			6,80	Engeström [17])
Lägstakrog	59. 0			6,90	Wahlenberg [8])
Nyköping	58. 45			7,00	Engeström [17])
Färöer				7,13	Forchhamer [19])
Lubochna-Thal, Carp.			279	7,25	Wahlenberg [12])
Sadonsk	52. 20			7,38	Kupffer [14])
Christianstad	58. 12			7,50	Engeström [17])
Stockholm	59. 20			7,50	Engeström [19a])
Fayetteville	42. 58			7,60	Field [20])
Söderköping	58. 25		286	7,70	Engeström [17])
Albisrieden				8,00	Wahlenberg [11])
Londonderry	55. 0			8,28	Hamilton [21])
Warberg	57. 6			8,30	Engeström [17])
Kendal	54. 17			8,45	Dalton [22])
Carlscrona	56. 6			8,50	Wahlenberg [8])

14a) Esmark Reise von Christiania nach Drontheim S. 51.
15) Abh. d. Schwed. Acad. 1763. XXV, 200.
16) Magazin for Naturv. 1826. Heft II. S. 337.
17) Physiographiske Sälskapets Årsberättelse. Lund 1823. S. 82.
18) Magazin for Naturvid. 1825. Heft II. S. 197.
19) Karsten's Archiv II, 197.
19a) So giebt Engeström, Berzelius giebt 7°,0, Chemie von Wöhler I, 404, im Mittel also 7°,25.
20) Silliman's Journ. of Sc. XV, 190.
21) Bibl. brit. VIII, 336.
22) Bei Humboldt Isothermes an verschied. Stellen.

Ort	Breite	Länge	Höhe	Temp.	Beobachter
org	56° 2'			8°,60	Engeström [17])
	54. 20			8,61	Hamilton [21])
gh	55. 30		35t	8,61	A. D. F. [22])
				8,70	Roebuck [23])
			Mittel	8,65	
ill, Fife	56. 10			8,72	Ferguson [24])
tle	55. 12			8,89	Hamilton [21])
	51. 33			9,23	Humboldt [22])
	54. 48			9,23	Hamilton [21])
Samling, bei Zürich			242	9,40	Wahlenberg [11])
	43. 47	75. 25	120	9,44	Wahlenb. [24a])
ge, N. A.	42. 23			9,44	Williams [25])
	52. 31			9,50	Erman [26])
	53. 21			9,67	Hamilton [21])
rg	48. 35			9,80	Herrenschneider [27])
	51. 29			10,00	Kämtz [28])
a	52. 20			10,10	Erman [26])
	46. 12		202	10,40	Humboldt [22])
	51. 31			10,00	Hunter [29])
				10,80	Engeström [17])
			Mittel	10,40	
	51. 54			10,67	Hamilton [21])
	42. 39	73. 47	20	10,56	[24a])
skaja Krepost	45. 3			10,62	Kupffer [14])
pol	45. 3		300	10,81	Kupffer [14])
ücke an der Malka	43. 45		417	10,62	Kupffer [14])
t	50. 48			11,39	Burney [30])
	41. 54			11,88	Buch [23])
	48. 50			11,88	Kupffer [10])
ff	46. 50			12,25	Kupffer [14])
og	47. 12			12,50	Elsingk [14])

Hertha, Januar 1829. XIII, 20.

Buch in Poggendorff's Ann. XII, 406. Roebuck aus il. Trans 1775. p. 459 bei Erman Abh. d. Berl. Acad. 1818. 377.

Ure Handwörterbuch der Chemie S. 363.

Brewster Edinb. Journ. of Sc. N. S. IV, 85.

Ephem. Soc. Met. Palat. 1785. p. 636. Temp. der Quellen; die Brunnen ist 8°,33.

Abh. d. Berl. Acad. 1818. S. 382.

Zeitschrift für die gesammte Meteorologie. Bd. I. No. 7.

Quelle bei Seeben.

Phil. Trans. 1788. p. 61.

Monatlich im Phil. Mag.

Ocean, zwischen der Westküste von Africa und der Ostküste vo America; von hier nimmt die Bodenwärme nach Osten und na Westen rasch zu [39]). Kupffer stellt diese Thatsache, daß di Bodenwärme im Meridiane von Cairo und Upsala eine so bede tende Größe erreicht, mit den in diesem beobachteten vulcanisch Erscheinungen zusammen, eine Hypothese, über deren gerin Wahrscheinlichkeit bereits oben gesprochen wurde.

Späterhin hat Kupffer den Gegenstand nochmals unte sucht und die Constanten des obigen Ausdruckes in sechs Me dianen bestimmt [40]). Werden daraus die Breiten hergeleitet, denen die Isogeothermen von 0°, 5, 10°, 15° und 20° R einzelnen Meridiane schneiden, so zeigt sich die Krümmung die Linien ganz entschieden.

Schon ehe die erste Arbeit Kupffer's erschienen war, ha ich die mir bekannten Messungen in einigen Meridianen zusamme gestellt, und es wurde mir wahrscheinlich, daß diese Isogeothe men sich weit weniger krümmten, als Humboldt's Isoth men *). Versuchen wir es aber, aus den Messungen in demsel Meridiane Ausdrücke herzuleiten, welche den Gang der Beoba tungen darstellen, so trifft man auf Schwierigkeiten, welche gr ßer sind, als man auf den ersten Anblick erwartet hätte. Da Wärme der Quellen sich in einzelnen Jahren wenig ändert, in einem einzigen Jahre erhaltenen mittleren Temperaturen s also wenig von der Wahrheit entfernen, so sollte man hier Diff renzen zwischen den beobachteten und berechneten Temperatur erwarten, welche sehr klein, wenigstens weit kleiner wären, a wir sie bei Vergleichung der Lufttemperatur gefunden haben. B dieser Untersuchung stoßen wir auf einen Uebelstand, welchen be reits Williams bei seinen oben erwähnten Messungen in Cam bridge erwähnte und auf den späterhin besonders Wahlenber aufmerksam machte. Quellen nämlich, deren Temperatur si

39) l. l. S. 186.

40) Edinburgh Journal of Sc. N. S. IV, 355.

*) Engström giebt für die Westküste des alten Continentes den Au druck

$$t_\varphi = 28°{,}012 - 28°{,}103 \sin^2\varphi$$

Physiographiske Sällskapets Årsberättelse. Lund 1823, S. 51.

im Laufe des Jahres bedeutend ändert, haben eine geringere mittlere Wärme, als die constanten. Diese Thatsache, die den Erfahrungen des gedachten Beobachters zufolge bei Upsala auf eine entschiedene Art hervortritt, hat vielleicht in der sogleich nachher zu erwähnenden Hitze des Erdkernes ihren Grund; Quellen, deren Wasser aus bedeutender Tiefe hervorgetrieben wird, nehmen an dieser Wärme einigen Antheil und bringen diesen mit auf die Oberfläche; diejenigen dagegen, welche in der Nähe von dieser gespeist werden, erhalten diesen Ueberschuß nicht, sie nehmen mehr an der Wärme der äußeren Rinde Theil, und sind daher in Schweden, wo die Temperatur des Bodens die der Luft übersteigt, kälter, als constante Quellen. Es wäre wohl möglich, daß in denjenigen Gegenden, wo die Wärme des Bodens geringer ist, als die der Luft, constante Quellen kälter wären, als diejenigen, auf welche die Jahreszeiten größeren Einfluß haben. Beobachtungen in Italien so wie im südlichen Frankreich können die Richtigkeit dieser Vermuthung prüfen. Wie es sich hiemit nun auch verhalten möge, so viel ist gewiß, daß die Messungen einzelner Quellen, die selbst das ganze Jahr hindurch angestellt sind, uns Größen zeigen können, die bis mehr als einen halben Grad von der Wahrheit abweichen.

Versuchen wir es, aus den in demselben Meridiane gefundenen Temperaturen der Quellen allgemeine Ausdrücke herzuleiten, so finden wir auch hier, daß die einfache von uns angewandte Formel nicht immer genügt, um alle Messungen vom Aequator bis zu den höchsten Breiten darzustellen. Wenn namentlich die Vertheilung des Regens im Jahre sich mit der Entfernung vom Aequator sehr bedeutend ändert, so finden wir entsprechende Anomalieen in der Abnahme der Wärme. Deshalb habe ich hier für denselben Meridian mehrere Ausdrücke entwickelt. Lagen ferner die Punkte nur einige hundert Fuß über der Meeresfläche des Meeres, so habe ich die Temperatur der Quellen unverändert beibehalten; war ihre Höhe aber bedeutender, so habe ich für 150 Toisen eine Aenderung von 1° angenommen [41]).

---

41) Kupffer nahm anfänglich 250 Meter für 1° R, also nahe 100 Toisen für 1° C (Poggendorff's Annalen XV, 179), späterhin

Leiten wir aus den gegebenen Ausdrücken die Punkte her, n denen die Isogeothermen von 5° zu 5° die Westküste des alten Continentes schneiden, so finden wir

Isogeotherme von	25° in	8°	9′ N
	20 ...	28.	6
	15 ...	40.	37
	10 ...	52.	16
	5 ...	63.	31
	0 ...	80.	43

Weiter östlich erhalten wir für das Innere von Africa und Sicilien folgende Größen:

Ort	Breite	Beobachtet	Berechnet	Unterschied
Germa	26° 30′	22°,60	23°,40	+ 0°,80
Cairo	30. 2	22,50	21,45	— 1,05
Palermo	38. 7	16,25	16,50	+ 0,25

Diese Größen geben den Ausdruck

$$t_\varphi = -6°,939 + 37°,875 \cos^2\varphi.$$

Darnach beträgt die Bodenwärme des Aequators im Innern von Africa 30°,94; für die Punkte, wo die Isogeothermen von 25°, 20° und 15° etwa durch die Mitte Africa's gehen, finden wir

Isogeotherme von	25° :	23°	19′ N
	20	32.	30
	15	40.	26

Aus Italien fehlt es fast ganz an Messungen; ich konnte nur die folgenden drei Aufzeichnungen benutzen:

Ort	Breite	Beobachtet	Berechnet	Unterschied
Palermo	38° 7′	16°,25	15°,55	—0°,70
Rom	41. 54	11,88	13,49	+1,61
Pavia	45. 11	12,59	11,67	—0,92

Diese Messungen geben die Gleichung

$$t_\varphi = -4°,103 + 31°,757 \cos^2\varphi.$$

folgt

eotherme von 15° 39° 9′; vorher fanden wir
40. 26

Mittel 39. 48

veichungen zwischen den beobachteten und berechneten Wer-
) sehr bedeutend, und es kann dieser Ausdruck gewiß nur
entfernte Annäherung an die durch künftige Beobachtun-
erforschenden Verhältnisse angesehen werden. Es scheint
einlich, daß die Isogeothermen in Italien sehr bedeutende
en zeigen, und daß namentlich die Wärme der Quellen in
ile des Po weit höher seyn werde, als an der Westküste.
ine Vergleichung zwischen Pavia und Rom macht diese An-
plausibel. Die Regenverhältnisse, welche auf solche Ano-
deuten, geben uns auch einen Grund für eine eigenthümliche
ung in der Temperaturabnahme in Deutschland. Während
die Bodenwärme in Rom 11°,88 beträgt, ist sie in dem
10° nördlicher liegenden Potsdam bis zu 10°,10, also noch
le 2° gesunken. Erwägen wir aber, daß südlich von den
Winterregen, nördlich von diesen Sommerregen die herr-
sind, so wird diese langsame Aenderung von selbst be-
Erst weiter nördlich zeigt sich wieder eine schnellere Ab-
er Temperatur.

r Herleitung des Gesetzes für die Abnahme der Wärme
chland können folgende Messungen dienen:

Ort	Breite	Beobachtet	Berechnet	Unterschied
a	45° 11′	12°,59	12°,02	—0°,57
	46. 12	11,70	11,29	—0,40
veiz [42])	46. 30	10,10	11,18	+1,08
sburg	48. 35	10,30	10,79	+0,49
	51. 30	10,00	9,74	—0,26
dam	52. 16	10,10	9,47	—0,63
n	52. 31	9,50	9,38	—0,12
gsberg	54. 42	8,17	8,62	+0,45
crona	56. 6	8,50	8,14	—0,36
a	59. 51	6,50	6,91	+0,41

s sämmtlichen Messungen Wahlenberg's hergeleitet.

Diese Beobachtungen lassen sich ausdrücken durch die Gleichung

$$t_\varphi = 1^\circ,644 + 20^\circ,891 \cos^2\Phi.$$

Sind auch die Fehler so beschaffen, daß sie dem Zeichenwechsel z folge zum Theil darin ihren Grund haben, daß die vorhanden Messungen noch nicht von allen Anomalieen befreit sind, so dürf wir den Ausdruck doch nicht auf Orte anwenden, welche mehre Grade nördlich von Upsala liegen, weil wir sonst zu hohe Ten peraturen erhalten würden: so giebt die Formel für Tornea d Wärme von 5°,14, während die Erfahrung nur 3°,0 zeig Die Isogeotherme von 10° geht durch die Mitte von Deutschlan in 50° 46′ hindurch.

Um das Gesetz der Temperaturabnahme in höheren Breite zu bestimmen, will ich die Messungen im nördlichen Deutschlan mit denen in Schweden und Lappland zusammenstellen.

Ort	Breite	Beobachtet	Berechnet	Unterschied
Potsdam	52° 16′	10°,10	10°,33	+0°,23
Berlin	52. 31	9,50	10,19	+0,68
Königsberg	54. 42	8,17	9,00	+0,83
Sölvesborg	56. 2	8,60	8,31	—0,29
Carlscrona	56. 6	8,50	8,28	—0,22
Warberg	57. 6	8,30	7,73	—0,57
Warnabykälla	57. 30	8,20	7,52	—0,68
Christianstad	58. 12	7,50	7,16	—0,34
Söderköping	58. 25	7,70	7,00	—0,70
Nyköping	58. 45	7,00	6,88	—0,12
Lägstakrog	59. 0	6,90	6,76	—0,14
Stockholm	59. 20	7,25	6,59	—0,66
Upsala	59. 51	6,50	6,33	—0,17
Gefle	60. 30	5,70	6,01	+0,31
Haddiksvall	61. 45	4,80	5,41	+0,61
Medelpad	62. 30	4,00	5,06	+1,06
Tornea	65. 51	3,00	3,56	+0,56
Wadsöe	70. 15	2,20	1,82	—0,38

Diese Messungen geben den Ausdruck

$$t_\varphi = -1^\circ,907 + 32^\circ,665 \cos^2\Phi.$$

Die nach dieser Formel gefundenen Größen weichen zum Theil bedeutend von den beobachteten ab, es scheint jedoch, als ob die Temperatur vieler Quellen durch die wenigen Messungen Wahlenberg's noch nicht hinreichend genau aufgefunden sey. Leiten wir aus diesem Ausdrucke die Punkte her, wo die einzelnen Isogeothermen den Meridian von Schweden scheiden, so erhalten wir

Isogeotherme von 10° in 52° 54′; vorher fanden wir
50. 46

Mittel 51 50
5° . . . 62° 37′
0° . . . 76. 11

Die Temperatur des Poles wird darnach — 1°,91.

Vergleichen wir diejenigen Punkte, in denen die Isogeothermen von 10° und 5° durch Schweden gehen, mit denen, welche an der Westküste Europa's beobachtet worden sind, so sind die Unterschiede der Breiten unbedeutend und so, daß wir sie ganz übersehen können; um dieselbe Größe, um welche die Winterregen die Temperatur der Quellen unter die mittlere der Luft in Norwegen deprimiren, wird sie durch die Sommerregen in Schweden über diese gehoben.

In dem Meridiane von etwa 30° östlicher Länge stellt Kupffer[43]) die drei Messungen zu Cairo, Nicolaieff und St. Petersburg zusammen; darnach wird

$$t_{\varphi} = -2°,70 + 32°,95 \cos^2 \varphi$$

und hiernach finden wir

Isogeotherme von 20° in 34° 20′ N
15 . . . 43. 16
10 . . . 52. 0
5 . . . 61. 31
0 . . . 74. 2

In dem Meridiane von etwa 40° O finden wir folgende Größen:

	Breite	Beobachtet	Berechnet	Unterschied
Brücke an der Malka	43° 45′	13°,40	14°,04	+0,64
Heiße Quellen am Caucasus	44. 2	14,70	13,88	—0,82
Stawropol	45. 3	12,81	13,30	+0,49
Taganrog	47. 12	12,50	12,08	—0,42
Moscau	55. 45	7,25	7,36	+0,11

43) Edinb. Journ. of Sc. N. S. IV, 355.

Diese Messungen geben die Gleichung

$$t_\varphi = -2^\circ,965 + 32^\circ,593 \cos^2\varphi$$

und wir finden

Isogeotherme von	15°	in	42° 4′ N
	10	...	50. 54
	5	...	60. 22
	0	...	72. 27

In dem Meridiane von etwa 62° östlicher Länge finden wir

	Breite	Beobachtet	Berechnet	Unterschied
Kisnekejewa	55° 30′	5°,38	5°,24	—0°,13
Nischney Tagilsk	58	3,63	3,65	+0,02
Werchoturie	59	3,12	3,20	+0,08
Bogoslowsk	60	2,63	2,76	+0,14

Die beobachteten Größen werden dargestellt durch die Gleichung

$$t_\varphi = -4^\circ,420 + 28^\circ,692 \cos^2\varphi$$

und wir finden darnach

Isogeotherme von	15°	in	34° 39′ N
	10	...	44. 51
	5	...	55. 3
	0	...	66. 53

In etwa 75° östlicher Länge geben Ledebour's Messungen im Altai am Niveau des Meeres 8°,90 in 50° 30′ N und die Messungen in Darwar 26°,91 in 11° 28′ N, die in Khatmand 22°,39 in 28° 0′ N, daraus erhalten wir die Gleichung

$$t_\varphi = -4^\circ,167 + 32^\circ,964 \cos^2\varphi$$

Temperatur des Aequators = 28°,19

Isogeotherme von	25°	in	18° 18′ N
	20	...	30. 11
	15	...	39. 39
	10	...	48. 32
	5	...	57. 47
	0	...	68. 53

Während die Isogeothermen sich beim Uebergange von der We[illegible] küste Europa's nach dem Innern des Continentes regelmäßig na[illegible]

senkten, heben sie sich hier ein wenig, wahrscheinlich wohl
, weil die Messungen nicht an einer hinreichenden Zahl von
ı angestellt sind, um alle Anomalieen zu entfernen.
)ie bisherigen Beobachtungen an der Ostküste America's
ılgende Größen:

	Breite	Beobachtet	Berechnet	Unterschied
ana	10° 27′	25°,63	26°,48	+ 0°,85
ston	18. 0	26,67	24,17	— 2,50
ınnah	23. 9	23,50	21,99	— 1,51
lestown	32. 47	17,50	16,87	— 0,63
ıdelphia	39. 56	12,03	12,48	+ 0,45
-York	40. 40	12,67	12,02	— 0,65
bridge	42. 23	9,44	10,92	+ 1,48
ny	42. 39	10,56	10,75	+ 0,19
ille	43. 47	10,24	10,02	— 0,22

obachtungen zeigen hier eine bedeutende Anomalie, indem
:me der Quellen auf Jamaica, ungeachtet eines Breiten-
iedes von 8° um 1° höher ist, als in Cumana, und den-
) am letztern Orte alle übrigen Verhältnisse so beschaffen,
hier eine sehr hohe Bodenwärme erwarten sollten. Dieser
ı und die Autorität der Messung sind Ursache, daß ich bei
ng des Ausdruckes der Beobachtung zu Cumana ein grö-
ewicht gegeben habe, als den übrigen. Darnach er-
)ir

$$t_\varphi = -9°,226 + 36°,920 \cos^2 \varphi.$$

rme des Aequators wird darnach 27°,69 und wir finden

:otherme von	25°	in	15° 39′ N
	20	. . .	27. 9
	15	. . .	35. 54
	10	. . .	43. 48
	5	. . .	51. 37
	0	. . .	60. 0

:n so scheint auch die Temperatur der Quellen an der Westküste
's zu seyn; denn berechnen wir nach diesem Ausdrucke die
ärme auf Unalaschka in 53° 55′ N, so finden wir 3°,58.

gar nicht von der durch Beobachtungen gegebenen Größe 3°,60 abweichend.

Wie die Isogeothermen sich im Innern von Nord-America bewegen, läßt sich aus Mangel hinreichender Messungen nicht bestimmen. Dürften wir annehmen, daß das Gesetz der Stetigkeit beim Uebergange von Süd-America nach Nord-America nicht unterbrochen sey, so könnten folgende Aufzeichnungen zur Herleitung des Gesetzes dienen:

	Breite	Beobachtet	Berechnet	Unterschied
Maypures	5° 14′	27°,65	27°,76	+ 0°,11
Natchez	31. 28	18,30	17,97	— 0,33
Cincinnati	39. 6	13,10	13,32	+ 0,22

Die Gleichung, welche die Abhängigkeit der Bodenwärme von der Breite angiebt, ist

$$t_{\varphi} = - 8°,989 + 37°,052 \cos^2 \varphi.$$

Hieraus folgt für den Aequator eine Temperatur von 28°,06, und wir finden die

Isogeotherme von	25°	in	16° 43′ N
	20	. . .	27. 48
	15	. . .	36. 25
	10	. . .	44. 17
	5	. . .	52. 5
	0	. . .	60. 30

also nahe an denselben Punkten, an denen wir sie an der Ostküste getroffen hatten.

Stellen wir die Lage der Isogeothermen in den verschiedenen von uns betrachteten Meridianen zusammen, so ergiebt sich folgende Uebersichtstafel:

	Inneres America	Oestliches America	Westliches Europa	Länge von 17° O	Länge von 30° O	Länge von 40° O	Länge von 62° O	Länge von 70° O
25°	16° 43′	15° 39′	8° 9′	23° 19′	. . . .	. . . .	. . . .	18° 18′
20	27. 48	27. 9	28. 6	32. 30	34° 20′	. . . .	. . . .	30. 11
15	36. 25	35. 51	40. 37	39. 48	43. 16	42° 2′	34° 39′	39. 39
10	44. 17	43. 48	52. 16	51. 50	52. 0	50. 54	44. 51	48. 32
5	52. 5	51. 37	63. 31	62. 37	61. 31	60. 22	55. 3	57. 47
0	60. 30	60. 0	80. 43	76. 11	74. 2	72. 27	66. 53	68. 53

Eben so wie die Linien gleicher Lufttemperatur heben sich die glei-
er Bodenwärme von der Ostküste America's gegen die Westküste
n Europa nach Norden und senken sich dann im Innern des alten
stlandes nach Süden, jedoch zeigen sich zwischen beiden bedeu-
nde Abweichungen, wie dieses schon Kupffer bemerkt hat.
e wichtigsten Resultate, welche sich aus den obigen Untersuchun-
n ergeben, sind folgende:

1) Die Bodenwärme am Aequator ist nicht allenthalben gleich, sie scheint an der Westküste Africa's ihr Minimum von 25°½, im Innern Africa's ihr Maximum von 31° zu erreichen, ist in Hindostan bereits bis zu 28°,8 gesunken. In America entfernt sie sich wenig von der mittlern Wärme der Luft, scheint aber im Innern ein wenig größer zu seyn, als an der Ostküste.

2) Die Isogeothèrme von 25° geht durch die Hondurasbai, senkt sich von hier mehrere Grade südlich von der gleichnamigen Isotherme fortlaufend gegen den Aequator, die Westküste Africa's in der Nähe von Freetown erreichend, worauf sie sich schnell gegen Norden hebt und Hindostan zwischen Bombay und Goa erreicht.

3) Die Isogeotherme von 20° geht durch den mexicanischen Meerbusen und Florida, läuft auf demselben Parallelkreise in der Nähe der canarischen Inseln, hebt sich schnell in Africa und scheint von hier nahe in derselben Breite nach Osten zu laufen, in ihrem höchsten convexen Scheitel bei Africa die Isotherme von 20° fast berührend.

4) Die Isogeotherme von 15° fällt in America und an der Westküste Europa's fast mit der Isotherme von 15° zusammen, senkt sich am mittelländischen Meere nach Süden, beide Linien durchschneiden sich am schwarzen Meere, und die Isogeotherme läuft nun etwas nördlich von der Isotherme nach Osten.

5) Die Isogeotherme von 10° liegt in America etwas nördlich von der Isotherme von 5°, kommt mit dieser in der Nähe von London zusammen und geht mit schwacher südlicher Senkung nach Osten, im Innern des alten Welttheils mehrere Grade nördlich von der Isogeotherme von 10° fortgehend.

6) Die Isogeotherme von 5° fällt durch Labrador gehend in America nahe mit der Isotherme von 0° zusammen, hebt sich gegen Europa, in Norwegen nahe mit der Isotherme von 5° zusammentreffend, senkt sich bei weiterer Bewegung nach Osten wenig gegen Süden, die Isotherme von 0° im Innern von Rußland durchschneidend. Weiter östlich scheint sich diese Linie wieder zu heben, da wir in Ochotzk in 59° 20′ eine Bodenwärme von 2°,5, weit höher als an der Ostküste America's, finden.

7) Die Isogeotherme von 0° geht durch Hudsons-Bai, Spitzbergen und erreicht das nördliche Sibirien.

Ich habe auf der ersten Tafel neben den Isothermen auch die Isogeothermen gezeichnet, letztere durch punktirte Linien ausdrückend. Vergleicht man sie mit den von Kupffer gegebenen Bestimmungen, so zeigen sich hier einige Differenzen; ich glaube jedoch, den meinigen als auf einer größern Zahl von Beobachtungen beruhend ein größeres Gewicht geben zu dürfen. Indessen ist bis jetzt die Zahl der Messungen noch zu klein, als daß wir annehmen dürften, eine jede dieser Gruppen von Linien sey vollkommen naturgemäß gezeichnet, wie dieses in der obigen Tafel die unregelmäßige Bewegung der Isogeothermen zwischen den Meridianen von 62° und 75° beweist, welche beide auf einer sehr kleinen Zahl von Messungen beruhen. Es ist wahrscheinlich, daß ein genaueres Studium dieser Phänomene uns noch eine Menge von Anomalieen und plötzlicher localer Biegungen zeigen wird, wie dieses bei den Isothermen von 5° und 0° in Norwegen, bei der Isogeotherme von 10° in Italien der Fall ist, und es könnte daher scheinen, als ob die Zeichnung solcher Linien eine Arbeit sey, welche zu unrichtigen Ansichten über die Vertheilung der Wärme führen könnte: ein Vorwurf, welcher Humboldt's Isothermen mehrmals gemacht worden ist. Wenn aber von der Vertheilung der Wärme auf der Erdoberfläche im Allgemeinen die Rede ist, wenn es also nur auf die großen Gesetze ankommt, dann dürfen wir nicht einmal alle localen Anomalieen aufnehmen, falls dadurch nicht die Uebersicht der Gesetze erschwert werden soll. Eben so wenig als auf einer im kleinen Maaßstabe gezeichneten Weltkarte alle Buchten, Berge, Flüsse und Städte aufgenommen werden können, dürfen hier alle

unregelmäßigen Biegungen berücksichtigt werden. Aber zu sagen, man solle die Zeichnung solcher Linien überhaupt unterlassen, hieße eben so viel, als behaupten, man dürfe gar keine Landkarten zeichnen, weil noch nicht die Lage aller Orte mit hinreichender Genauigkeit durch astronomische Beobachtungen bestimmt sey.

Für die Temperatur des Nordpoles geben die obigen Ausdrücke uns verschiedene Werthe, ein Beweis, daß wir hier ebenfalls zwei Punkte größter Kälte antreffen. Wenn indessen nur von der Temperatur des Bodens die Rede ist, insofern sie durch die der Quellen gefunden wird, so endigen die Beobachtungen da, wo die Wärme des Bodens mit dem Gefrierpunkte zusammenfällt. Nach den Bestimmungen von Kupffer und mir liegt dieser Punkt in folgenden Breiten;

	Meine Bestimmung	Kupffer's Bestimmung
Inneres America	60° 30′ N	57° 03
Oestliches America	60. 0	
Westliches Europa	80. 40	Nicht vorhanden
Länge von 17°	76. 11	77. 30
Länge von 30°	74. 2	74. 2
Länge von 40°	72. 27	73. 13
Länge von 62°	66. 53	65. 52
Länge von 75°	68. 53	Nicht untersucht.

Weiter nördlich liegt die Wärme des Bodens unter dem Gefrierpunkte und es können keine perennirenden Quellen vorhanden seyn. Behalten wir jedoch den Umstand vor Augen, daß das Wasser noch bis tief unter 0° erkaltet werden kann, ehe es in Eis verwandelt wird, so ist es wahrscheinlich, daß der Mangel von Quellen sich erst bedeutend nördlich von den angegebenen Gränzen zeigen wird. Mehrere Erfahrungen scheinen dieses zu bestätigen. Noch an der Hudson's-Bay laufen Quellen das ganze Jahr hindurch unter einer Decke von Schnee und Eis [1]), und L. v. Buch erklärt sich ganz entschieden gegen die Annahme, daß die Erde in manchen Gegenden beständig gefroren sey. „Ich bin völlig überzeugt,

1) Capt. James bei Buch in Poggendorff's Ann. XXII, 405.

bemerkt derselbe an der angeführten Stelle, daß alle Nachrichten, welche behaupten, daß der Boden in vielen Fuß Tiefe sich, selbst im Sommer noch, gefroren gefunden habe, in Gegenden, welche noch im Stande sind, strauchartige Gewächse zu ernähren, für ganz unzuverlässig angesehen werden müssen, und Gmelin's Nachrichten, daß man in Brunnen zu Jakutzk noch in 100 Fuß Tiefe den Boden gefroren fand, sollte nicht mehr in physischen Lehrbüchern, wie es doch oft geschehen ist, wiederholt werden. Was Kosaken ausgesagt haben, die, als Gmelin diese Nachricht aus Acten in Jakutzk zog, längst todt waren, und denen es sehr leicht zu beschwerlich seyn konnte, eine harte Brunnenarbeit fortzusetzen, sollte nicht gebraucht werden, eine so auffallende und so wenig glaubliche Thatsache zu bestätigen." Daß jedoch der Boden in mehreren Gegenden des nördlichen Sibiriens das ganze Jahr hindurch gefroren sey, geht aus den Erfahrungen von andern Reisenden hervor, namentlich bemerken dieses Pallas[2]) und Erman[3]); auch sagt Cochrane, daß an der Mündung der Kolyma zwar noch Wälder vorhanden seyen, daß aber die Bäume wegen des Eises nur 20″ tief wurzeln könnten[4]). Auch in Nord-America fand Franklin den Boden am 18. August in 70° 24′ N und 149′ W bei einer Tiefe von 16″ gefroren[5]); Richardson traf im Julius den Boden in 71° 12′ N und 129° 21′ nur bis 3′ aufgethaut, späterhin gefroren[6]). In dieser Gegend kommen noch einige Zwergbäume und Weiden fort; die Gränze der Weißtanne liegt hier in 68° 40′ N, und in dieser Breite wurde in einem 3′ tiefen Loche am 5ten Julius keine Spur von Eis gefunden.

Wie die Temperatur des Erdkernes beschaffen sey, ist eine häufig aufgeworfene, bisher noch nicht genügend beantwortete Frage. Je nachdem ältere Physiker in vulcanischen Gegenden wohnten, oder

2) Pallas Reise III, 22.

3) Ich kenne die Untersuchungen Erman's nur aus Zeune's Gea, 3te Aufl. S. 377, welcher für die Gränze des Eises die Breite von 60° angiebt.

4) Cochrane Fußreise S. 117.

5) Franklin zweite Reise S. 187.

6) Das. S. 241.

nicht, wurde von ihnen angenommen, daß im Innern der Erde eine große Hitze sey. Spuren dieses Glaubens werden häufig bei den Alten angetroffen, und die ganze christliche Mythologie des Mittelalters so wie der Volksglaube in vielen Gegenden nehmen diese Hypothese als erwiesen an [7]). Erst im vorigen Jahrhundert wurde der Gegenstand ernstlicher untersucht. Messungen, welche Gensanne in den Minen von Giromagny anstellte, schienen zuerst eine Zunahme der Wärme mit der Tiefe zu beweisen [8]). Unter mehrern Physikern, welche diese Erfahrungen mit Lebhaftigkeit aufgriffen, zeichnete sich besonders Mairan aus, welcher darauf seine Hypothese eines Centralfeuers, d. h. einer großen Hitze im Innern der Erde, stützte. Weil nämlich die Wärme mit der Erhebung über der Meeresfläche abnimmt, der Frost nie tief in die Erde dringt, das Meer in großen Tiefen ungefroren ist, so schreibt er der Erde eine Grundwärme zu, welche seiner Berechnung nach 393 Mal größer seyn soll, als diejenige Wärme, welche die Sonne am kürzesten Tage in Paris hervorbringt [9]). In der Folge entwickelte Buffon diese Hypothese ausführlicher, sie mit seiner Ansicht über Entstehung der Erde zusammenstellend. Er nahm an, die Erde sey ein von der Sonne durch einen Kometen abgestoßenes Stück, habe anfänglich eine Glühhitze gehabt, die zwar an der Oberfläche verschwunden sey, aber im Centro noch existire; sie erkalte in einer langen Periode und werde zuletzt durch völlige Erstarrung unbewohnbar werden.

Diese Hypothese, von Buffon mit großer Beredsamkeit vorgetragen, und durch mancherlei Versuche unterstützt fand großen Beifall. Als später Werner seine geologische Theorie aufstellte und zu zeigen bemüht war, daß alle Gebirge durch einen Niederschlag aus dem Wasser gebildet wären, hatte die Idee eines Centralfeuers ein geringes Interesse, man dachte kaum an diesen

7) Bei Behandlung dieses Gegenstandes folge ich vorzüglich Cordier in den Annales des Mines, Deuxième Serie II, 53—138, auch abgedruckt in den Mém. de l'Acad. VII, 473, ausgezogen in Schweigger's Jahrb. N. R. XXII, 265. und Muncke in Gehler's Wörterb. N. A. III, 971.

8) Mairan Dissertation sur la glace p. 60.

9) Mém. de l'Acad. des Sc. 1719. p. 124.

Gegenstand, ja de la Metherie suchte sogar aus den Erfahrungen der Seefahrer über die Wärme in der Tiefe des Oceans zu beweisen, daß ein solches Centralfeuer nicht existiren könne [10]. Nur die schottischen Geologen Hutton und Playfair, welche, durch die Erfahrungen in ihrem Vaterlande belehrt, die vulcanischen Phänomene nicht wie Werner für locale Entzündungen von Steinkohlenlagern oder Zersetzungen von Schwefelkiesen ansahen, sondern der vulcanischen Kraft die Hauptrolle bei der Bildung der Erdrinde anwiesen, blieben stets eifrige Verfechter der Hypothese Mairan's. Obgleich die Erfahrungen von Saussure in den Minen von Bex, die von d'Aubuisson, Freiesleben, Humboldt und Trebra in Sachsen und America zu beweisen scheinen, daß die Wärme in tiefen Gruben bedeutender sey, als an der Erdoberfläche, so wurde der Gegenstand doch wenig beachtet. Erst Lagrange und Dolomieu machten auf die Existenz des Centralfeuers wieder aufmerksam, Fourier und Laplace zeigten durch analytische Untersuchungen und durch die Gesetze über die Wärmevertheilung, daß ein solches vorhanden seyn müsse, die vulcanischen Erscheinungen wurden besonders durch die Untersuchungen Buch's und Humboldt's bekannt, die Structur der Laven, die Massen der ausgeworfenen Bestandtheile durch Cordier genauer studirt, und die Frage nach der Wärme des Erdkernes erhielt ein um so größeres Interesse, da der Streit über die Entstehung der Basalte der Hypothese Hutton's viel Anhänger verschaffte. Während man sich bemühte, diesen Gegenstand durch genaue Erforschung der Lagerungsverhältnisse der Gebirgsarten auszumachen, trat Fox im J. 1820 mit der Behauptung auf, daß seinen Erfahrungen zufolge die Temperatur der Gruben in Cornwallis regelmäßig mit der Tiefe zunehme [11]; gegen ihn erhob sich Moyle, welcher die Folgerungen aus jenen Beobachtungen zu widerlegen bemüht war [12]. Nur in bearbeiteten Gruben sollte sich diese Zunahme zeigen, keinesweges aber in alten verlassenen Werken gefunden werden. Durch das Brennen der Grubenlichter, das Athmen der Menschen, und den beim Spren-

10) Journal de physique LX, 81.

11) Phil. Mag. 1820, October.

12) Ann. of Phil. Apr. 1822. p. 308. Jan. 1823. p. 54.

en entwickelten Pulverdampf würde so viel Wärme entwickelt, daß sich daraus das von Fox erwähnte Phänomen herleiten ließe, um so mehr, da in tiefen Gruben eine geringe Circulation der Luft vorhanden wäre, nothwendig also eine Anhäufung der Wärme Statt finden müßte.

In dem Streite, welchen beide hierüber führten, suchte jeder seine Ansicht durch beobachtete Thatsachen zu erweisen, und eine jede dieser entgegengesetzten Behauptungen fand ihre Anhänger; es scheint aber die Existenz einer Wärmezunahme aus den meisten vorhandenen Messungen mit großer Bestimmtheit hervorzugehen. Cordier untersuchte später den Einfluß der Grubenlichter und des Athmens auf die Temperaturerhöhung [13]), und bewies darnach, daß diese nicht im Stande wären, einen Grund für die beobachteten Erscheinungen abzugeben. Läßt sich auch im Allgemeinen nichts gegen die von Cordier gefundenen Zahlenresultate anführen, so darf ich doch nicht unbemerkt lassen, daß die erwähnten äußern Umstände die Wärme jedenfalls mehr erhöhen, als er glaubt. Indem er die thierische Wärme betrachtet, übersieht er, daß ein arbeitender Mensch weit mehr Wärme entwickelt, als ruhende; eben so nimmt er gar keine Rücksicht auf die Temperaturerhöhung durch die Explosionen des Pulvers und diejenige, welche bei dem Arbeiten nothwendig durch die Erschütterungen des Felsens erzeugt wird.

Die Beobachtungen zur Bestimmung der Wärme in der Tiefe lassen sich auf mancherlei Art anstellen. Wir können nämlich zuerst die Temperatur der Luft in der Tiefe aufzeichnen. Messungen dieser Art geben ein wenig zuverlässiges Resultat, indem im Winter die warme Luft mit großer Schnelligkeit in die Höhe steigt, während kalte von oben in die Tiefe stürzt [14]), wogegen keine Compensation im Sommer Statt findet. Nur dann, wenn Thermometer in offenen Gängen lange Zeit hindurch der Luft ausgesetzt, und täglich beobachtet wurden, dürfen wir annehmen, daß wir uns der Wahrheit nähern. Die Richtigkeit dieser Bemerkung wird besonders durch eine Erfahrung von Thomas Lean bestä-

13) Ann. des Mines l. l. S. 67 folg.
14) Cordier in dem Mém. de l'inst. VII. p. 492.

tigt, nach welcher die Luft in der Tiefe im Sommer weit wärmer war, als im Winter [15]).

Weit besser eignen sich zu dieser Untersuchung die Grubenwasser, obgleich auch diese als aus der Höhe herabkommend meistens eine zu geringe Wärme besitzen werden. Große Wasseransammlungen in den Gruben geben Resultate, welche sich wenig von der Wahrheit zu entfernen scheinen. Am sichersten ist es, die Temperatur des Felsens durch directe Messungen zu bestimmen. In dieser Hinsicht verdienen besonders die Beobachtungen, welche Trebra bei Freyberg in den Gruben Beschert Glück und alte Hoffnung Gottes anstellen ließ, Beachtung. In Stollen, welche fern von bearbeiteten Stellen lagen, wurden die Kugeln der Thermometer in den Felsen gesenkt und ihr Stand mehrere Jahre hindurch zum Theil drei Mal täglich aufgezeichnet. Ist auch in so alten Bauen die Wärme des Gesteins ein wenig modificirt, so scheint doch der geringe Wechsel der Temperatur während der Beobachtungen darauf zu deuten, daß sich die Resultate wenig von der Wahrheit entfernen. Cordier wendete zu eben dieser Untersuchung ein anderes Verfahren an [16]). An einer Stelle, wo eben gearbeitet wurde, ließ er ein Loch in den Felsen bohren, legte sein Thermometer einige Zeit auf den Boden, bis sein Stand stationär geworden war; wurde es sodann in das Loch gesteckt, dieses mit einem Papierpfropfen verschlossen, so beobachtete er seine Angaben, nachdem es eine Stunde in dieser Lage geblieben war.

Um die Abhängigkeit zwischen Tiefe und Wärme des Bodens zu vergleichen, wendet Cordier ein Verfahren an, welches nach den Bemerkungen von Kupffer unrichtig ist [17]). Er vergleicht nämlich die Wärme der Luft mit der des Gesteins, da doch nothwendig die Temperatur des Bodens unter einander selbst verglichen werden muß. Am sichersten verfährt man nach Kupffer unstreitig, wenn man in jedem Orte die Unterschiede der Tiefen und

15) Ann. de Chimie XIII, 200 bei Muncke in Gehler's Wörterbuch III, 975.

16) Mém. de l'Acad. VII, 520.

17) Poggendorff's Ann. XV, 171.

emperaturen zusammen addirt und jene durch diese dividirt, e Tiefe zu erhalten, welche man hinabsteigen muß, wenn ärme sich um 1° ändern soll.

Die ausführlichsten Messungen, welche über die Tempera- Innern bis jetzt angestellt wurden, sind folgende [18]):

I. Temperatur der Quellen in Gruben.

nd Beobachter	Grube	Tiefe, Toisen	Temperatur
achsen;	Junghohe-Birke	40,0	9°,4
Aubuisson	Blei- und Silbermine	111,3	12,5
	Beschert Glück	131,3	13,8
etagne;	Huelgoet	30,8	12,2
Aubuisson		61,6	15,0
		118,0	19,7
ßland;	Bogoslowsk	27,1	3°,4
upffer		33,3	4,0
		54,2	6,2

II. Temperatur der Grubenwasser.

rnwallis; Fox	South-Huel-Towan	42,2	15,6
	Huel-Unity-Wood	80,8	17,8
	Gwennap	140,8	25,6
hweiz;	Salzgruben von Bex	0	10,4 [19])
ussure		92,3	15,6
		110,5	17,4

Meistens aus den erwähnten Abhandlungen von Cordier, Muncke d Kupffer entnommen. Einige spätere Messungen von Fox in oggendorff's Ann. XX, 171.

Brunnen in Genf.

III. Temperatur großer Wasseransammlungen.

Land und Beobachter	Grube	Tiefe, Toisen	Temperatur
F. Cornwallis; Fox	North-Huel-Virgin	36,6	15°,0
	Tingtang	100,5	20,0
		150,3	27,8
	Huel Vor	130,4	20,6
		196,1	26,1
	United Mines	169,0	26,7
G. Sachsen; d'Aubuisson	Junghohe Birke	40,0	9,4
		163,1	17,2

IV. Temperatur des Felsens.

Land und Beobachter	Grube	Tiefe, Toisen	Temperatur
H. Sachsen; Trebra	Alte Hoffnung Gottes	9,2	8,7
		100,0	12,8
		158,9	15,0
		224,7	18,7
J. Frankreich; Cordier	Carmeaux	3,1	12,9
		98,5	19,5
K	Decise	4,4	11,4
		54,9	17,8
		87,7	22,1
L. Italien; Fantonetti	Pestarena di Macugnana	76,9	11,0
		128,2	11,7
		179,6	13,1
		230,9	15,0
		360,1	16,5

Alle diese Messungen zeigen, daß die Wärme der Gruben mit der Tiefe zunimmt. Um die Größe dieser Zunahme zu bestimmen, wollen wir annehmen, sie erfolge in arithmetischer Reihe; dann in derselben Gruppe je zwei Beobachtungen zusammenstellend und die Summe der Niveauunterschiede durch die der Temperaturdifferenzen dividirend, ergiebt sich für eine Wärmezunahme von 1° eine Tiefe von

Gruppe	A	20t,7
	B	11,6
	C	9,6
	D	9,9
	E	15,8
	F	12,8
	G	11,9
	H	21,9
	J	14,3
	K	7,8
	L	44,6

Rittel aus allen diesen Bestimmungen finden wir für die Tiefe, lcher die Wärme um 1° C zunimmt 17,6 Toisen; jedoch zei›ie einzelnen Messungen bedeutende Differenzen. Diese Abungen vom Mittel rühren theils von dem hier nicht berückıten Einflusse der Arbeiter, theils von der Beschaffenheit des ins her, indem die Temperatur desto höher ist, je besser diee Wärme leitet. Dieses geht besonders aus einer Erfahrung Fox hervor, das Thermometer hatte nämlich stets einen 'n Stand in den Metalladern, als im Gestein, besonders im it [20]). Auch die Configuration der Oberfläche hat hierauf großen Einfluß. Die Tiefen der einzelnen Stationen sind scheinlich von der Hängebank an gerechnet: liegt diese in engen ırn, so haben die Punkte eine geringere Tiefe, als wir finden en, wenn wir der Oberfläche die mittlere Höhe der über der e befindlichen Gegend gäben. Wir werden hier also eine zu Wärme, eine schnellere Zunahme der Temperatur finden, end bei Gruben im Innern isolirter Berge das Gegentheil en wird.

Nach dem Gesagten kann diese Zunahme der Wärme mit iefe nicht mehr bezweifelt werden. Es ist aber eine andere ›, ob dieselbe Zunahme sich noch bis zum Mittelpunkte der zeigen werde. Nehmen wir an, daß die Wärme für jede oisen um 1° zunehme, so würde sie unter Deutschland in Tiefe von 4000 Toisen, also etwas mehr als einer Meile,

---

Ann. de Chimie et de Phys. XVI, 80. und Poggendorff's nn. XIII, 367.

210° betragen; in einer Tiefe von 1800 Toisen würde bereits Wasser sieden; am Mittelpunkte der Erde, ihren mittlern Halbmesser zu 3266260 Toisen gerechnet, wäre die Temperatur 163313 Grad des hunderttheiligen Thermometers. Mehrere Naturforscher, besonders aber Cordier, haben angenommen, daß diese Zunahme gleichförmig fortdaure, und indem er für eine Zunahme der Temperatur von 1° eine Tiefe von 25 Metern annimmt, findet er im Mittelpunkte eine Wärme von 250000° C[21]). Eben diese fortdauernde Zunahme der Wärme nimmt auch Fourier als erwiesen an. Die mitgetheilte Erfahrung von Fox, nach welcher die Temperatur der Metalladern als besserer Wärmeleiter stets höher ist, als die der umgebenden Felsarten, scheint für die Existenz einer innern Wärmequelle zu sprechen.

Nach Fourier[22]) hatte die Erde anfänglich eine Hitze, welche die des weißglühenden Eisens noch um vieles übertraf, wurde dann in einen Raum versetzt, dessen Temperatur tief unter dem Gefrierpunkte lag, und erkaltete im Laufe der Jahrtausende, bis sie ihren jetzigen Zustand erlangt hat. Diese ursprünglich hohe Temperatur geht besonders aus der Gestalt des Erdsphäroids und der durch die Pendelschwingungen erwiesenen regelmäßigen Anordnungen der innern Schichten hervor. Nun zeigt der mathematische Ausdruck für das Erkaltungsgesetz, daß die primitive Wärme einer so großen Kugel an der Oberfläche weit schneller verschwindet, als in der Mitte, indem die Centraltheile eine sehr lange Zeit hindurch ihre ursprüngliche Temperatur fast unverändert behalten. Ist dieses schon bei Metallen der Fall, so muß es noch weit mehr bei den schnellen Wärmeleitern geschehen, aus denen die Erdrinde besteht. Nun zeigen die in Gruben angestellten Messungen eine Zunahme der Wärme, welche sich nicht bloß aus der Einwirkung der Sonne herleiten läßt, wir müssen vielmehr zu ihrer Erklärung eine Centralwärme annehmen. Auf der Oberfläche ist diese nicht mehr merklich, die durch sie bewirkte Erhöhung der Temperatur beträgt vielleicht kaum $\frac{1}{30}$°; die Menge der Wärme, welche auf diese Art im Laufe eines Jahrhunderts

21) Ann. des Mines l. l. p. 121.

22) Ann. de Chimie XIII, 418. Mém. de l'Acad. VII, 588. Bulletin de la Soc. phil. 1820. p. 58.

zur Oberfläche gelangt und sich im Weltraume zerstreut, würde nur im Stande seyn, eine Eismasse von 3 Meter Höhe zu schmelzen, eine Größe, die im Vergleich mit dem Halbmesser der Erde sehr unbedeutend ist.

Aus Messungen, die sich nur bis zu Tiefen erstrecken, welche im Vergleich mit dem Halbmesser der Erde verschwinden, Resultate herzuleiten, welche sich auf die Beschaffenheit des Erdkernes beziehen, scheint mir gegenwärtig, wo die Messungen noch so bedeutende Differenzen zeigen, voreilig. Man hat als einen Beweis für die Centralwärme noch die vulcanischen Erscheinungen angeführt. Immer bleibt dabei noch die Frage, ob diese wirklich zur Unterstützung der Behauptung benutzt werden dürfen, da der Hypothese Davy's zufolge die Zersetzung des Wassers durch die leicht oxydirbaren Metalle die meisten vulcanischen Phänomene bedingen kann. Indeß wäre wohl die Frage, ob sich diese Zunahme nicht blos in der Erdrinde zeige und daß sie späterhin wieder ganz aufhöre; ob nicht etwa electrische Ströme, welche wir doch nothwendig in der aus so heterogenen Massen bestehenden Erdrinde annehmen müssen, und die mehrfach zur Erklärung des Erdmagnetismus angewendet sind, zur Erhöhung der Temperatur sehr vieles beitragen.

Zeigen uns die Untersuchungen von Naturforschern oder Geometern wenig Bestimmtes über die Temperatur in großer Tiefe, so geht aus ihnen wenigstens so viel hervor, daß die Erde sich in einem Temperaturzustande befinde, welchen wir als stationär ansehen dürfen. Wäre die Erde in historischer Zeit einst wärmer gewesen, als gegenwärtig, so hätte sie einen größern Durchmesser gehabt, als gegenwärtig; sie hätte sich dadurch schneller um ihre Axe und um die Sonne drehen müssen. Laplace, welcher diesen Gegenstand zuerst näher untersuchte [23]), folgert aus den ältern Messungen, daß die Dauer des Tages seit 2000 Jahren nicht um $\frac{1}{300}$ einer Secunde kleiner geworden sey: ein Beweis des stationären Zustandes der Wärme.

---

23) Bulletin de la Soc. philom. 1820. p. 21.

Sechster Abschnitt.

Von den Schwankungen des Barometers.

Torricelli's Versuch war kaum von mehreren Physikern wiederholt worden, so entdeckten sie auch schon, daß das Barometer nicht zu allen Zeiten denselben Stand hatte; das Quecksilber fiel oder stieg einige Zeit, um bald darauf seine frühere Höhe wieder zu erreichen. Der Zusammenhang zwischen Barometerschwankungen und Witterung fiel aufmerksamen Beobachtern auf. Pascal und Otto v. Guericke machten ihre Erfahrungen über diesen Gegenstand bekannt. Namentlich erkannte letzterer im Jahre 1660 aus den Angaben seines Instrumentes eine solche Leichtigkeit der Luft, daß er behauptete, es müsse irgendwo ein Sturm gewesen seyn, welcher auch zwei Stunden später Magdeburg erreichte [24]).

Das Barometer, dessen Einrichtung ich hier als bekannt voraussetzen muß [25]), giebt durch die Höhe der Quecksilbersäule

24) Guericke experim. nova Magdeb. de vac. spat. L. III. c. 20. p. 100.

25) Zuerst wurde durch die Bemühungen von de Luc im ersten und zweiten Bande seiner Recherches sur la Meteorologie die Construction aller Theile des Barometers mit großer Sorgfalt untersucht. In dieser Schrift findet man auch eine Beschreibung und Beurtheilung der meisten ältern Barometer. In der Folge hat man sich vielfach bemüht, dem Apparate eine bessere und bequemere Einrichtung zu geben. Von allgemeinen Schriften verdienen besonders Erwähnung J. F. Luz Beschreibung von Barometern. 8. Nürnberg 1784. T. W. Voigt Beiträge zur Verfertigung und Verbesserung des Barometers. 8. Leipzig 179[illegible]. Desselben Versuch kritischer Nachträge und Zusätze zu Luz Beschreibung älterer und neuerer Barometer und anderer meteorologischer Werkzeuge. 8. Leipzig 1802. Der Artikel Barometer von Muncke in der neuen Ausgabe von Gehler's physik. Wörterb. Baumgartner Naturlehre, Supplementband S. I, 134. Bohnenberger in Poggendorff's Ann. VII, 378. Hisinger ib. VII, [illegible].

den Druck der ganzen Atmosphäre an. Wenden wir also auch ein möglich sorgfältig gearbeitetes Barometer an, so dürfen die Resultate der Messungen nicht unmittelbar mit einander verglichen verden. Erhält das Quecksilber eine höhere Temperatur, so vird seine Dichtigkeit geringer; steht das Barometer beide Male gleich hoch, so ist das Gewicht der Quecksilbersäule im zweiten Falle kleiner. Man würde also einen mehr oder weniger großen Fehler begehen, nähme man an, der Druck der Atmosphäre sey ei beiden Beobachtungen gleich gewesen. Soll also das Barometerjournal nicht Zahlen ohne Werth geben, so ist es eine unerläßliche Bedingung, daß das Quecksilber bei allen Beobachtungen uf eine und dieselbe Temperatur reducirt werde. Nur zu wenigen allgemeinen Untersuchungen sind unreducirte Beobachtungen rauchbar; man sieht sich selbst bei Bestimmungen von Berghöhen ußer Europa zuweilen genöthigt, solche zu benutzen, weil keine ndern vorhanden sind. Allein im westlichen Europa ist es eine nverzeihliche Nachlässigkeit, diesen Umstand, auf welchen De uc vor mehr als einem halben Jahrhundert ein so bedeutendes Gewicht legte, ganz zu übersehen.

Um diese Reduction vorzunehmen, muß man die Temperaur des Quecksilbers im Barometer genau kennen. Man befestigt eshalb die Kugel des Thermometers ganz in dem Holze oder der ietallenen Fassung und nimmt an, daß es die Wärme des Quecklbers habe. Sobald das Instrument in einem Zimmer hängt, ı welchem sich die Temperatur nur langsam ändert, darf man nnehmen, daß dieses der Fall sey. Größer aber wird die Diferenz, wenn das Thermometer seinen Stand in kurzer Zeit schnell ndert, wie dieses namentlich auf Reisen der Fall ist. Der Geognost Friedrich Hoffmann hat mir mehrere auffallende on ihm beobachtete Fälle mitgetheilt, welche auffallend zeigten ie schwer das Quecksilber des Barometers seine Temperatur ndere. Wenn auf Fußreisen das ganze Instrument stark erwärmt t, so sinkt das an ihm befestigte Thermometer weit schneller, als ie Wärme der Barometersäule abnimmt; man erhält daher bei er Reduction der Angaben zu hohe Stände und zu geringe Bergöhen, welche im Laufe von mehrern Stunden nach und nach rößer werden. Wo es auf genaue Untersuchungen von kleinen n Laufe eines Tages Statt findenden Aenderungen ankommt,

müssen wir selbst bei der Reduction von Beobachtungen in Wohnzimmern vorsichtig seyn. Wir werden in der Folge sehen, daß das Barometer in unsern Gegenden von 6 Uhr bis etwa 10 Uhr Morgens im Mittel vieler Beobachtungen steigt. Um diese Aenderungen für Halle zu bestimmen, beobachtete ich das Barometer seit dem Jahre 1827 stündlich. Ein sorgfältig gearbeitetes Instrument von Pistor in Berlin hing in einer ungeheizten Stube, deren Fenster nach NO gerichtet waren. Im Winter, wo keine Sonnenstrahlen ins Zimmer drangen, zeigten die Beobachtungen einen regelmäßigen Gang; als jedoch im April die Sonne am Morgen einige Stunden in die Stube fiel, zeigte sich nach 7 Uhr ein plötzliches Sinken des Instrumentes, welches im Mittel zwar nur einige Hundertel einer Linie betrug, aber zu groß war, um bei Untersuchungen dieser Art übersehen zu werden. Obgleich das Barometer so hing, daß es durchaus nicht von den Strahlen der Sonne getroffen wurde, so nahm doch die Temperatur der Stube den Angaben des Thermometers zufolge in der ersten Stunde um 1° bis 2° R zu, das Quecksilber des Barometers erwärmte sich wegen seiner Masse nicht so schnell und ich nahm seine Temperatur also zu hoch an. Eben so auffallende anomale Aenderungen habe ich mehrmals an einem in meiner Wohnstube hängenden Barometer bemerkt, wenn diese stets zu einer bestimmten Stunde geheizt wurde. Fehler dieser Art werden bei den meisten Messungen vorhanden seyn, nur fallen sie deshalb weniger auf, weil die Beobachtungen nicht so oft am Tage wiederholt werden. Ist es daher möglich, daß ein Beobachter sein Instrument in einem Zimmer aufhängen kann, in welchem sich die Temperatur fast gar nicht ändert, so werden die Reductionen weit sicherer seyn.

Nach den Messungen von Dulong und Petit [26]), welche mit großer Sorgfalt angestellt, das meiste Zutrauen verdienen, dehnt sich eine Quecksilbersäule zwischen dem Gefrier- und Siedepunkte um $\frac{1}{5515}$ ihrer ursprünglichen Länge und zwischen diesen Punkten gleichförmig aus. Es beträgt demnach diese Verlängerung der Quecksilbersäule für 1° C $\frac{1}{5550}$, für 1° R $\frac{1}{4440}$ und für 1° F $\frac{1}{9990}$. Ist daher b der Barometerstand, welcher bei einer Temperatur t beobachtet worden ist, b′ dagegen der Barometer-

26) Journal de l'éc. polyt. und Ann. de chimie VII, 135.

nd, welcher bei der Temperatur t', auf die alle Messungen ucirt werden, beobachtet seyn würde, so erhalten wir

hunderttheiliges Therm.: $b' = b\left(1 + \frac{1}{5550}(t' - t)\right)$
Reaumursches Therm.: $b' = b\left(1 + \frac{1}{4440}(t' - t)\right)$
Fahrenh. Thermometer: $b' = b\left(1 + \frac{1}{9990}(t' - t)\right)$

e Temperatur t', auf welche wir die Barometerstände redu- :en, ist höchst gleichgültig und hängt von der Willkür eines den Beobachters ab, es ist aber ziemlich allgemein die des Thau- nktes als Normalwärme angenommen; reducirt ein Beobachter ine Aufzeichnungen auf eine andere Temperatur, so muß er diese enigstens angeben; bei meteorologischen Journalen, die monatlich Zeitschriften bekannt gemacht werden, ist es nöthig, diese An- iben in jedem Monate zu wiederholen; es genügt nicht, dieses dem ersten bekannt gemachten Hefte anzugeben, denn Niemand, r die Aufzeichnungen eines Monats vergleichen will, kann wissen, as in einem Bande steht, der vor zehn oder mehr Jahren erschie- :n ist. Nehmen wir $t' = 0$, so verwandeln sich die Gleichungen in

$b' = b\left(1 - \frac{1}{5550} \cdot t\right)$ fürs Centes. Therm.
$b' = b\left(1 - \frac{1}{4440} \cdot t\right)$ fürs Reaum. Therm.
$b' = b\left(1 - \frac{1}{9990}(t - 32)\right)$ fürs Fahrenh. Therm.

esetzt der Barometerstand sey $333''',5$, das Thermometer stehe if $20°$ R, so wird $b' = 333''',5\left(1 - \frac{1}{5550} \cdot 20\right) = 333''',5$ - $1''',50 = 332''',00$. Wäre dagegen die Temperatur - $20°$ R gewesen, so wäre $b' = 333''',5\left(1 + \frac{1}{5550} \cdot 20\right)$ $= 333''',5 + 1''',5 = 335''',0$ geworden.

Um die Rechnung zu ersparen, kann man Tafeln berechnen, elche für jeden beliebigen Stand des Barometers und Thermo- eters die zu subtrahirenden oder zu addirenden Größen enthalten. ach den ältern Messungen von de Luc berechnete Schlögl afeln [27]); späterhin gab Winckler eben solche heraus [28]). iese gehen von 23 Zoll bis 29 Zoll Barometerhöhe, sind für

27) Schlögl Tabulae pro reductione quorumvis statum barometri. 4. Monach. 1787.

28) C. L. G. Winckler Tafeln, um Barometerstände, die bei verschiedenen Wärmegraden beobachtet sind, auf jede beliebige Normaltemperatur zu reduciren. 4. Halle 1820.

jede zwischenliegende Linie und für Temperaturdifferenzen von 0° bis 10° bis auf Zehntel eines Grades und auf fünf Decimalstellen, d. h. Tausendtel von einem Hundertel einer Linie berechnet. Durch dieses übergroße Streben nach Genauigkeit hat der Verfasser seine Tafeln wenig brauchbar gemacht, da man fast eben so viel Zeit zum Aufsuchen als zur unmittelbaren Berechnung gebraucht. Ganz dasselbe läßt sich auf die einen mäßigen Octavband ausmachenden Tafeln von Weiße [29]) anwenden, welche ebenfalls die Reduction bis auf vier Stellen, also Hundertel von Hundertel Linien, geben, obgleich wir bei einer einzigen Messung kaum im Stande sind, für ein Zehntel einer Linie zu stehen [30]). Ich habe eine kürzere Tafel dieser Art bis zu Temperaturdifferenzen von 10° und für Barometerhöhen von 200''' bis 350''' berechnet und in dem Artikel Barometer in dem Repertorium von Brandes mitgetheilt [31], die freilich nur zwei Decimalstellen enthält, aber dafür sich auch auf einen kleinen Raum bringen läßt, und neben hinreichender Sicherheit große Leichtigkeit in ihrem Gebrauche gewährt [32]).

Bei allen diesen Tafeln ist nur auf die Ausdehnung des Quecksilbers Rücksicht genommen; wenn aber die Wärme steigt, so wird auch zugleich die Scale ausgedehnt; die an dieser abgelesene Länge ist also kleiner als sie bei der Normaltemperatur war. Man muß deshalb ebenfalls eine Correction anbringen, welche aus leicht begreiflichen Gründen das entgegengesetzte Zeichen von der des Quecksilbers hat. Da nun die meisten Barometerscalen aus Messing verfertigt sind, die lineare Ausdehnung des Messings aber etwa $\frac{1}{10}$ von der des Quecksilbers beträgt, so rathen Weiß und auch Muncke [33]), man sollte zur Berichtigung der Correction $\frac{1}{10}$ von der fürs Quecksilber gegebenen Ausdehnung sub-

29) Weisse Tafel zur Reduction der Barometerhöhen.

30) Dieses giebt mir eine, längere Zeit fortgesetzte Vergleichung von zwei guten Heberbarometern (eins von Pistor, das andere von Körner), welche mir ungeachtet aller Sorgfalt beim Ablesen oft noch größere Differenzen gaben.

31) Daraus abgedruckt in Kastner's Meteorol. III, 292.

32) Für Millimeter und hundertheilige Grade findet man eine Correctionstafel bei Muncke in Gehler's Wörterb. I, 908.

33) Gehler's Wörterb. I, 900.

trahiren und nur die übrig bleibenden $\frac{9}{10}$ von dem beobachteten Barometerstande subtrahiren oder dazu addiren. Dieses Verfahren ist jedoch nicht ganz richtig. War nämlich die Temperatur gleichgültig, auf welche wir das Quecksilber reducirten, so ist dieses nicht mehr der Fall bei der Scale. Als Normaltemperatur müssen wir hier diejenige annehmen, bei welcher die Länge des entsprechenden Normalmaaßes bestimmt wurde. Diese Normaltemperatur ist beim alt-französischen Maaße 13° R, beim neuen französischen Maaße 0°, und beim englischen Maaße 55° F. Ist nun h der unmittelbar beobachtete Stand des Barometers, t seine Temperatur, T die Normaltemperatur, auf welche das Quecksilber reducirt wird, ϑ die Normaltemperatur des Maaßstabes, endlich q und m die lineare Ausdehnung von Quecksilber und Scale für einen Grad des gebrauchten Thermometers, so wird die Größe der Correction

$$h \cdot \frac{q\,(t - T) - m\,(t - \vartheta)}{1 + q\,(t - T)}.$$

Für Messing beträgt die lineare Ausdehnung zwischen den beiden Fundamentalpunkten des Thermometers 0,0018782 und für Quecksilber 0,018018; Schumacher hat mit Anwendung dieser beiden Größen Tafeln für die drei gebräuchlichsten Thermometer- und Barometerscalen berechnet [34]). Da gewöhnlich pariser Linien und Reaumur's Thermometer, Millimeter und hunderttheiliges Thermometer, englische Zolle und Fahrenheit's Thermometer mit einander verbunden sind, so gebe ich hier eben solche Tafeln für eine Messingscale, die lineare Ausdehnung dieses Metalles zwischen dem Thau- und Siedepunkte zu 0,00188 annehmend. Bei allen ist die Temperatur des Gefrierpunktes als Normaltemperatur des Quecksilbers angenommen.

---

34) Schumacher Sammlung von Hülfstafeln I, 53.

Reduction des alt-französischen Barometers

R	280‴	285‴	290‴	295‴	300‴	305‴	310‴
— 15°	+0‴,77	+0‴,78	+0‴,79	+0‴,81	+0‴,82	+0‴,84	+0‴,85
— 14	+0,71	0,73	0,74	0,75	0,76	0,77	0,79
— 13	0,65	0,67	0,68	0,69	0,70	0,71	0,72
— 12	0,60	0,61	0,62	0,63	0,64	0,65	0,66
— 11	0,54	0,55	0,56	0,57	0,58	0,59	0,60
— 10	0,48	0,49	0,50	0,51	0,52	0,53	0,54
— 9	0,43	0,44	0,44	0,45	0,46	0,46	0,47
— 8	0,37	0,38	0,38	0,39	0,40	0,40	0,41
— 7	0,31	0,32	0,32	0,33	0,34	0,34	0,35
— 6	0,26	0,26	0,26	0,27	0,27	0,28	0,28
— 5	0,20	0,20	0,21	0,21	0,21	0,22	0,22
— 4	0,14	0,15	0,15	0,15	0,15	0,16	0,16
— 3	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
— 2	+0,03	+0,03	+0,03	+0,03	+0,03	+0,03	+0,03
— 1	—0,03	—0,03	—0,03	—0,03	—0,03	—0,03	—0,03
0	0,08	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
+ 1	0,14	0,14	0,15	0,15	0,15	0,15	0,16
2	0,20	0,20	0,21	0,21	0,21	0,22	0,22
3	0,26	0,26	0,27	0,27	0,27	0,28	0,28
4	0,31	0,32	0,32	0,33	0,33	0,34	0,35
5	0,37	0,37	0,38	0,39	0,40	0,40	0,41
6	0,43	0,43	0,44	0,45	0,46	0,46	0,47
7	0,48	0,49	0,50	0,51	0,52	0,53	0,53
8	0,54	0,55	0,56	0,57	0,58	0,59	0,60
9	0,60	0,61	0,62	0,63	0,64	0,65	0,66
10	0,65	0,66	0,68	0,69	0,70	0,71	0,72
11	0,71	0,72	0,74	0,75	0,76	0,77	0,79
12	0,77	0,78	0,80	0,81	0,82	0,84	0,85
13	0,82	0,84	0,85	0,87	0,88	0,90	0,91
14	0,88	0,90	0,91	0,93	0,94	0,96	0,98
15	0,94	0,95	0,97	0,99	1,00	1,02	1,04
16	0,99	1,01	1,03	1,05	1,07	1,08	1,10
17	1,05	1,07	1,09	1,11	1,13	1,15	1,16
18	1,11	1,13	1,15	1,17	1,19	1,21	1,23
19	1,16	1,18	1,21	1,23	1,25	1,27	1,29
20	1,22	1,24	1,27	1,29	1,31	1,33	1,35
21	1,28	1,30	1,33	1,35	1,37	1,39	1,42
22	1,34	1,36	1,38	1,41	1,43	1,45	1,48
23	1,39	1,41	1,44	1,47	1,49	1,52	1,54
24	1,45	1,47	1,50	1,53	1,55	1,58	1,60
25	—1,50	—1,53	—1,56	—1,59	—1,61	—1,64	—1,67

auf den Gefrierpunkt in Linien.

R	315'''	320'''	325'''	330'''	335'''	340'''	345'''
—15°	+0''',86	+0''',88	+0''',89	+0''',90	+0''',92	+0''',93	+0''',95
—14	0,80	0,81	0,83	0,84	0,85	0,86	0,88
—13	0,74	0,75	0,76	0,78	0,78	0,79	0,81
—12	0,67	0,68	0,69	0,70	0,71	0,73	0,74
—11	0,61	0,62	0,63	0,64	0,65	0,66	0,67
—10	0,54	0,55	0,56	0,57	0,58	0,59	0,60
— 9	0,48	0,49	0,50	0,50	0,51	0,52	0,53
— 8	0,42	0,42	0,43	0,44	0,44	0,45	0,46
— 7	0,35	0,36	0,36	0,37	0,37	0,38	0,39
— 6	0,29	0,29	0,30	0,30	0,31	0,31	0,32
— 5	0,22	0,23	0,23	0,24	0,24	0,24	0,25
— 4	0,16	0,16	0,17	0,17	0,17	0,17	0,18
— 3	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,11
— 2	+0,03	+0,03	+0,03	+0,03	+0,03	+0,03	+0,04
— 1	—0,03	—0,03	—0,03	—0,03	—0,03	—0,03	—0,03
0	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
+ 1	0,16	0,16	0,16	0,17	0,17	0,17	0,17
2	0,22	0,23	0,23	0,23	0,24	0,24	0,24
3	0,29	0,29	0,30	0,30	0,31	0,31	0,31
4	0,35	0,36	0,36	0,37	0,37	0,38	0,38
5	0,42	0,42	0,43	0,44	0,44	0,45	0,45
6	0,48	0,49	0,49	0,50	0,51	0,52	0,53
7	0,54	0,55	0,56	0,57	0,58	0,59	0,60
8	0,61	0,62	0,63	0,64	0,65	0,66	0,67
9	0,67	0,68	0,69	0,70	0,71	0,72	0,74
10	0,74	0,75	0,76	0,77	0,78	0,79	0,81
11	0,80	0,81	0,82	0,84	0,85	0,86	0,88
12	0,86	0,88	0,89	0,90	0,92	0,93	0,95
13	0,93	0,94	0,96	0,97	0,99	1,00	1,02
14	0,99	1,01	1,02	1,04	1,05	1,07	1,09
15	1,05	1,07	1,09	1,10	1,12	1,14	1,16
16	1,12	1,14	1,15	1,17	1,19	1,21	1,23
17	1,18	1,20	1,22	1,24	1,26	1,28	1,30
18	1,25	1,27	1,29	1,31	1,33	1,35	1,37
19	1,31	1,33	1,35	1,37	1,39	1,41	1,44
20	1,37	1,40	1,42	1,44	1,46	1,48	1,51
21	1,44	1,46	1,48	1,51	1,53	1,55	1,58
22	1,50	1,53	1,55	1,57	1,60	1,62	1,65
23	1,57	1,59	1,62	1,64	1,67	1,69	1,72
24	1,63	1,66	1,68	1,71	1,73	1,76	1,79
25	—1,69	—1,72	—1,75	—1,78	—1,80	—1,83	—1,86

Reduction des metrischen Baromet

Cent.	650mm	660mm	670mm	680mm	690mm	700mm	710m
0	0	0	0	0	0	0	0
∓ 1	± 0,11	± 0,11	± 0,11	± 0,11	± 0,11	± 0,11	± 0
2	0,21	0,21	0,22	0,22	0,22	0,23	0
3	0,32	0,32	0,33	0,33	0,34	0,34	0
4	0,42	0,43	0,44	0,44	0,45	0,45	0
5	0,53	0,54	0,54	0,55	0,56	0,57	0
6	0,63	0,64	0,65	0,66	0,67	0,68	0
7	0,74	0,75	0,76	0,77	0,78	0,80	0
8	0,84	0,86	0,87	0,88	0,90	0,91	0
9	0,95	0,96	0,98	0,99	1,01	1,02	1,
10	1,06	1,07	1,09	1,10	1,12	1,14	1,
11	1,16	1,18	1,20	1,21	1,23	1,25	1,
12	1,27	1,29	1,31	1,32	1,34	1,36	1
13	1,37	1,39	1,41	1,43	1,46	1,48	1,
14	1,48	1,50	1,52	1,54	1,57	1,59	1,
15	1,58	1,61	1,63	1,66	1,68	1,71	1
16	1,69	1,72	1,74	1,77	1,79	1,82	1
17	1,79	1,82	1,86	1,88	1,91	1,93	1
18	1,90	1,93	1,97	1,99	2,02	2,05	2
19	2,01	2,04	2,08	2,10	2,13	2,16	2
20	2,11	2,14	2,19	2,21	2,24	2,27	2
21	2,22	2,25	2,29	2,32	2,35	2,39	2
22	2,32	2,36	2,40	2,43	2,47	2,50	2
23	2,43	2,47	2,51	2,54	2,58	2,61	2
24	2,53	2,57	2,62	2,65	2,69	2,73	2
25	2,64	2,68	2,73	2,76	2,80	2,84	2
26	2,74	2,79	2,84	2,87	2,91	2,96	3
27	2,85	2,89	2,95	2,98	3,03	3,07	3
28	2,96	3,00	3,06	3,09	3,14	3,18	3
29	3,06	3,11	3,17	3,20	3,25	3,30	3,
30	3,17	3,22	3,27	3,31	3,36	3,41	3,
31	3,27	3,32	3,38	3,42	3,47	3,52	3,
32	3,38	3,43	3,49	3,53	3,59	3,64	3,
33	3,48	3,54	3,60	3,64	3,70	3,75	3,
34	3,59	3,64	3,70	3,75	3,81	3,87	3,
∓ 35	± 3,69	± 3,75	± 3,81	± 3,86	± 3,92	± 3,98	± 4,

den Gefrierpunkt in Millimetern.

720mm	730mm	740mm	750mm	760mm	770mm	780mm
0	0	0	0	0	0	0
± 0,12	± 0,12	± 0,12	± 0,12	± 0,12	± 0,13	± 0,13
0,23	0,24	0,24	0,24	0,25	0,25	0,25
0,35	0,36	0,36	0,37	0,37	0,38	0,38
0,47	0,47	0,48	0,49	0,49	0,50	0,51
0,58	0,59	0,60	0,61	0,62	0,63	0,63
0,70	0,71	0,72	0,73	0,74	0,75	0,76
0,82	0,83	0,84	0,85	0,86	0,88	0,89
0,94	0,95	0,96	0,97	0,99	1,00	1,01
1,05	1,07	1,08	1,10	1,11	1,13	1,14
1,17	1,19	1,20	1,22	1,23	1,25	1,27
1,29	1,30	1,32	1,34	1,36	1,38	1,39
1,40	1,42	1,44	1,46	1,48	1,50	1,52
1,52	1,54	1,56	1,58	1,60	1,63	1,65
1,64	1,66	1,68	1,71	1,73	1,75	1,77
1,75	1,78	1,80	1,83	1,85	1,88	1,90
1,87	1,90	1,92	1,95	1,97	2,00	2,03
1,99	2,02	2,04	2,07	2,10	2,13	2,15
2,10	2,13	2,16	2,19	2,22	2,25	2,28
2,22	2,25	2,28	2,31	2,35	2,38	2,41
2,34	2,37	2,40	2,44	2,47	2,50	2,53
2,46	2,49	2,52	2,56	2,59	2,63	2,66
2,57	2,61	2,64	2,68	2,72	2,75	2,79
2,69	2,73	2,76	2,80	2,84	2,88	2,91
2,81	2,85	2,88	2,92	2,96	3,00	3,04
2,92	2,96	3,00	3,04	3,09	3,13	3,17
3,04	3,08	3,12	3,17	3,21	3,25	3,29
3,16	3,20	3,24	3,29	3,33	3,38	3,42
3,27	3,32	3,37	3,41	3,46	3,50	3,55
3,39	3,44	3,49	3,53	3,58	3,63	3,67
3,51	3,56	3,61	3,65	3,70	3,75	3,79
3,62	3,68	3,73	3,78	3,83	3,88	3,92
3,74	3,79	3,85	3,90	3,95	4,00	4,04
3,86	3,91	3,97	4,02	4,07	4,13	4,17
3,98	4,03	4,09	4,14	4,20	4,25	4,30
± 4,09	± 4,15	± 4,21	± 4,26	± 4,32	± 4,38	± 4,43

Reduction des englischen Barometers

F.	26″,5	27″,0	27″,5	28″,0	28″,5
0	+0″,0694	+0,0708	+0,0721	+0,0734	+0,0747
1	0,0671	0,0683	0,0696	0,0709	0,0721
2	0,0647	0,0659	0,0671	0,0683	0,0696
3	0,0623	0,0635	0,0647	0,0658	0,0670
4	0,0599	0,0611	0,0622	0,0633	0,0644
5	0,0575	0,0586	0,0597	0,0608	0,0619
6	0,0552	0,0562	0,0572	0,0583	[illegible]
7	0,0528	0,0538	0,0548	0,0558	0,0568
8	0,0504	0,0513	0,0523	0,0532	0,0542
9	0,0480	0,0489	0,0498	0,0507	0,0516
10	0,0456	0,0465	0,0474	0,0482	0,0491
11	0,0433	0,0441	0,0449	0,0457	[illegible]
12	0,0409	0,0416	0,0424	0,0432	[illegible]
13	0,0385	0,0392	0,0399	0,0407	[illegible]
14	0,0361	0,0368	0,0375	0,0382	[illegible]
15	0,0337	0,0344	0,0350	0,0356	[illegible]
16	0,0314	0,0319	0,0325	0,0331	[illegible]
17	0,0290	0,0295	0,0301	0,0306	[illegible]
18	0,0266	0,0271	0,0276	0,0281	[illegible]
19	0,0242	0,0247	0,0251	0,0256	[illegible]
20	0,0218	0,0222	0,0226	0,0231	[illegible]
21	0,0194	0,0198	0,0202	0,0205	[illegible]
22	0,0171	0,0174	0,0177	0,0180	[illegible]
23	0,0147	0,0150	0,0152	0,0155	[illegible]
24	0,0123	0,0126	0,0128	0,0130	[illegible]
25	0,0099	0,0101	0,0103	0,0105	[illegible]
26	0,0075	0,0077	0,0078	0,0080	[illegible]
27	0,0052	0,0053	0,0053	0,0054	[illegible]
28	0,0028	0,0028	0,0029	0,0029	[illegible]
29	+0,0004	+0,0004	+0,0004	+0,0004	+[illegible]
30	−0,0020	−0,0020	−0,0021	−0,0021	−[illegible]
31	0,0044	0,0045	0,0045	0,0046	[illegible]
32	0,0067	0,0069	0,0070	0,0071	[illegible]
33	0,0091	0,0093	0,0095	0,0097	[illegible]
34	0,0115	0,0117	0,0120	0,0122	[illegible]
35	0,0139	0,0142	0,0144	0,0147	[illegible]
36	0,0163	0,0166	0,0169	0,0172	[illegible]
37	0,0186	0,0190	0,0194	0,0197	[illegible]
38	0,0210	0,0214	0,0218	0,0222	[illegible]
39	0,0234	0,0239	0,0243	0,0247	[illegible]
40	0,0258	0,0263	0,0268	0,0273	[illegible]

auf

f den Gefrierpunkt.

29",0	29",5	30"	30",5	31"
+0",0760	+0,0773	+0,0786	+0,0799	+0,0812
0,0734	0,0747	0,0759	0,0772	0,0785
0,0708	0,0720	0,0732	0,0744	0,0757
0,0682	0,0694	0,0705	0,0717	0,0729
0,0656	0,0667	0,0678	0,0690	0,0701
0,0630	0,0641	0,0651	0,0662	0,0673
0,0604	0,0614	0,0624	0,0635	0,0645
0,0578	0,0587	0,0598	0,0608	0,0617
0,0552	0,0561	0,0571	0,0580	0,0590
0,0526	0,0534	0,0544	0,0553	0,0562
0,0499	0,0508	0,0517	0,0525	0,0534
0,0473	0,0481	0,0490	0,0498	0,0506
0,0447	0,0455	0,0463	0,0470	0,0478
0,0421	0,0428	0,0436	0,0443	0,0450
0,0392	0,0402	0,0409	0,0416	0,0422
0,0369	0,0375	0,0382	0,0388	0,0395
0,0343	0,0349	0,0355	0,0361	0,0367
0,0317	0,0322	0,0328	0,0333	0,0339
0,0291	0,0296	0,0301	0,0306	0,0311
0,0265	0,0269	0,0274	0,0279	0,0283
0,0239	0,0243	0,0247	0,0251	0,0255
0,0213	0,0216	0,0220	0,0224	0,02[illegible]
0,0187	0,0190	0,0193	0,0196	0,0200
0,0161	0,0163	0,0166	0,0169	0,0172
0,0135	0,0137	0,0139	0,0142	0,0144
0,0109	0,0110	0,0112	0,0114	0,0116
0,0083	0,0084	0,0085	0,0087	0,0088
0,0056	0,0057	0,0058	0,0059	0,0060
0,0031	0,0031	0,0031	0,0032	0,0033
+0,0004	+0,0004	+0,0005	+0,0005	+0,0005
−0,0022	−0,0022	−0,0022	−0,0023	−0,0023
0,0048	0,0049	0,0049	0,0050	0,0051
0,0074	0,0075	0,0076	0,0078	0,0079
0,0100	0,0102	0,0103	0,0105	0,0107
0,0126	0,0128	0,0130	0,0132	0,0135
0,0152	0,0155	0,0157	0,0160	0,0162
0,0178	0,0181	0,0184	0,0187	0,0190
0,0204	0,0208	0,0211	0,0215	0,0218
0,0230	0,0234	0,0238	0,0242	0,0246
0,0256	0,0261	0,0265	0,0269	0,0274
0,0282	0,0287	0,0292	0,0297	0,0302

Reduction des englischen Barom

F	26",5	27",0	27",5	28",0
41	—0",0282	—0,0287	—0,0292	—0,0298
42	0,0306	0,0311	0,0317	0,0323
43	0,0329	0,0335	0,0342	0,0348
44	0,0353	0,0360	0,0367	0,0373
45	0,0377	0,0384	0,0391	0,0398
46	0,0401	0,0408	0,0416	0,0424
47	0,0425	0,0432	0,0441	0,0449
48	0,0448	0,0457	0,0465	0,0474
49	0,0472	0,0481	0,0490	0,0499
50	0,0496	0,0505	0,0515	0,0524
51	0,0520	0,0529	0,0540	0,0549
52	0,0544	0,0554	0,0564	0,0575
53	0,0567	0,0578	0,0589	0,0600
54	0,0591	0,0602	0,0614	0,0625
55	0,0615	0,0627	0,0638	0,0650
56	0,0639	0,0651	0,0663	0,0675
57	0,0663	0,0675	0,0688	0,0700
58	0,0686	0,0699	0,0713	0,0726
59	0,0710	0,0724	0,0737	0,0751
60	0,0734	0,0748	0,0762	0,0776
61	0,0758	0,0772	0,0787	0,0801
62	0,0782	0,0796	0,0811	0,0826
63	0,0806	0,0821	0,0836	0,0851
64	0,0829	0,0845	0,0861	0,0876
65	0,0853	0,0869	0,0885	0,0902
66	0,0877	0,0893	0,0910	0,0927
67	0,0901	0,0918	0,0935	0,0952
68	0,0925	0,0942	0,0960	0,0977
69	0,0948	0,0966	0,0984	0,1002
70	0,0972	0,0990	0,1009	0,1027
71	0,0996	0,1015	0,1034	0,1053
72	0,1020	0,1039	0,1058	0,1078
73	0,1044	0,1063	0,1083	0,1103
74	0,1067	0,1087	0,1108	0,1128
75	0,1091	0,1112	0,1133	0,1153
76	0,1115	0,1136	0,1157	0,1178
77	0,1139	0,1160	0,1182	0,1204
78	0,1163	0,1185	0,1207	0,1229
79	0,1187	0,1209	0,1231	0,1254
80	0,1210	0,1233	0,1256	0,1279
81	0,1234	0,1257	0,1281	0,1304
82	—0,1258	—0,1282	—0,1305	—0,1329

den Gefrierpunkt.

29″,0	29″,5	30″	30″,5	31″
—0,0308	—0,0314	—0,0319	—0,0324	—0,0329
0,0334	0,0340	0,0346	0,0352	0,0357
0,0360	0,0367	0,0373	0,0379	0,0385
0,0386	0,0393	0,0400	0,0406	0,0413
0,0413	0,0420	0,0427	0,0434	0,0441
0,0438	0,0446	0,0454	0,0461	0,0469
0,0464	0,0473	0,0481	0,0489	0,0497
0,0490	0,0499	0,0508	0,0516	0,0524
0,0517	0,0526	0,0535	0,0543	0,0552
0,0543	0,0552	0,0562	0,0571	0,0580
0,0569	0,0579	0,0588	0,0598	0,0608
0,0595	0,0605	0,0615	0,0626	0,0636
0,0621	0,0632	0,0642	0,0653	0,0664
0,0647	0,0658	0,0669	0,0680	0,0692
0,0673	0,0685	0,0696	0,0708	0,0719
0,0699	0,0712	0,0723	0,0735	0,0747
0,0725	0,0738	0,0750	0,0763	0,0775
0,0751	0,0765	0,0777	0,0790	0,0803
0,0778	0,0791	0,0804	0,0817	0,0831
0,0804	0,0818	0,0831	0,0845	0,0859
0,0830	0,0844	0,0858	0,0872	0,0886
0,0856	0,0871	0,0885	0,0900	0,0914
0,0882	0,0897	0,0912	0,0927	0,0942
0,0908	0,0924	0,0939	0,0954	0,0970
0,0934	0,0950	0,0966	0,0982	0,0998
0,0960	0,0977	0,0993	0,1009	0,1026
0,0986	0,1003	0,1020	0,1037	0,1054
0,1012	0,1030	0,1047	0,1064	0,1081
0,1038	0,1056	0,1074	0,1091	0,1109
0,1064	0,1083	0,1101	0,1119	0,1137
0,1090	0,1109	0,1127	0,1146	0,1165
0,1116	0,1136	0,1154	0,1174	0,1193
0,1142	0,1162	0,1181	0,1201	0,1221
0,1168	0,1189	0,1208	0,1228	0,1249
0,1194	0,1215	0,1235	0,1256	0,1276
0,1220	0,1242	0,1262	0,1283	0,1304
0,1246	0,1268	0,1289	0,1311	0,1332
0,1272	0,1295	0,1316	0,1338	0,1360
0,1298	0,1321	0,1343	0,1365	0,1388
0,1325	0,1348	0,1370	0,1393	0,1416
0,1351	0,1374	0,1397	0,1420	0,1443
—0,1377	—0,1400	—0,1424	—0,1448	—0,1471

Der Gebrauch dieser Tafeln ist sehr einfach. Wäre der Barometerstand 335''',0 par. und stände das Barometer auf 11°,0 R, so sucht man die Größe auf, welche zu der Verticalspalte von 335''' und der Horizontalspalte von 11° gehört, diese ist — 0''',85, und der auf 0° reducirte Barometerstand ist 335''',00 — 0''',85 = 334''',15. Ist der unmittelbar beobachtete Barometer- und Thermometerstand nicht in der Tafel, so kann man durch eine leichte Interpolation die Correction berechnen. Gesetzt, der Barometerstand wäre 337''',84, der des Thermometers 20°,4. Wäre die Temperatur des Quecksilbers genau 20°, so wäre die Größe der Reduction — 1''',4 für 335''', — 1''',48 für 340''', also — 1''',47 für 337''',84. Wenn das Thermometer bei einem Barometerstande von 335''' von 20° bis 21° steigt, so wächst die Größe der Reduction von 1''',46 bis 1''',53, also um 0''',07 für 1°, und 0''',03 für 0°,4; diese Größe zu 1''',47 addirt giebt — 1''',51 als Reduction, und der Barometerstand ist 337''',84 — 1''',51 = 336''',33. Diese Interpolation ist so einfach, daß sie sich bei einiger Uebung mit der größten Leichtigkeit im Kopfe vornehmen läßt. Sollte jemand noch diese Interpolation für beschwerlich halten, so genügt es, wenn er in der Tafel stets diejenigen Größen nimmt, welche dem von ihm beobachteten Barometer- und Thermometerstande zunächst liegen. Der größte Fehler, welcher auf diese Art bei einer einzigen Beobachtung begangen wird, steigt kaum bis zu 0''',05; da man aber stets denjenigen ganzen Grad des Thermometers nimmt, welcher dem beobachteten zunächst liegt, so wird die Größe der Reduction bald etwas zu groß, bald etwas zu klein, und der begangene Fehler verschwindet also bei einer größern Zahl von Beobachtungen.

Ganz auf dieselbe Art werden die Tafeln für die beiden andern Barometerscalen gebraucht. Ich habe jedoch bei der metrischen Scale die Größe der Reduction für die positiven und negativen Grade als gleich angesehen, was hier ohne großen Fehler erlaubt ist. Wäre der Barometerstand 780^{mm}, der Thermometerstand — 20° C, so giebt die obige Tafel als Größe der Reduction + 2^{mm}53, eine genaue Berechnung + 2^{mm}51; die Differenz beider verdient kaum Beachtung.

Das erste von uns zu berücksichtigende Phänomen, welches uns das Barometer zeigt, ist seine tägliche Periodicität. Wird der Stand des Instrumentes längere Zeit von Stunde zu Stunde beobachtet, dann das Mittel aller zu derselben Stunde gefundenen Höhen genommen, so zeigt sich im Laufe des Tages eine regelmäßige Bewegung des Quecksilbers. Es hat dieses um 4^h seinen niedrigsten Stand, steigt von nun bis 10^h und sinkt von diesem Maximum bis zum folgenden Morgen um 16^h, wo es ein zweites Minimum erreicht; von nun steigt es bis etwa 22^h und sinkt bis etwa 4 Uhr, so daß wir zwei Maxima um 10^h und 22^h, zwei Minima um 4^h und 16^h haben. Die Momente, wo die Extreme eintreten, wollen wir mit Humboldt Wendestunden (heures tropiques) nennen [37]).

Die ersten Andeutungen dieses Phänomenes finden wir nach Brewster in einer 1666 erschienenen Abhandlung des Dr. Beale [38]). Im Winter sowohl als im Sommer stand nach diesem das Barometer am Abend und Morgen höher als am Mittage. Humboldt glaubt, daß die Franzosen Varin, des Hayes und de Glos diese Oscillation zuerst wahrgenommen hätten, sie fanden nämlich im Jahr 1682, daß das Barometer auf Gorée am Mittage um 2''' bis 4''' niedriger stehe, als am Abend [39]). Sie drücken sich hierüber eben so unbestimmt aus, als der Pater Bèze, welcher nach Andern dieses Phänomen im Jahre 1690 zuerst zu Batavia und Pondichery beobachtet haben soll [40]).

Die ersten bestimmten Nachrichten von dieser Oscillation gab im Jahre 1722 ein unbekannter holländischer Beobachter auf Surinam, welcher die vier Wendestunden ziemlich genau angiebt [41]). Eben diese Oscillation bemerkte wenigstens am Tage der Pater Boudier zu Chandernagor in Indien im J. 1740 [42]).

---

37) Humboldt Voyage X, 387.

38) Edinb. Journ. of Sc. II, 335 und IV, 390. Phil. Trans. No. 9. p. 153.

39) Humboldt Voyage X, 368 und Schweigger's Jahrb. N. R. XVI, 439. Mém. de l'Acad. VII, 442.

40) Humboldt l. l. p. 369. Mém. de l'Acad. VII, 839.

41) Humboldt l. l. Journal litéraire de la Haye 1722. p. 234.

42) Ibid. l. l. p. 371. Cotte Traité p. 343. Mém. II, 302.

Als Bouguer, la Condamine und Godin im J. 1735 nach America gingen, scheinen sie nichts von diesen Schwankungen gewußt zu haben. Daher geben Bouguer [43]) und la Condamine [44]) ihren Begleiter Godin für den Entdecker aus, wie dieses auch ziemlich allgemein angenommen wird [45]).

Viele Reisende haben dieses Phänomen in der Folge besonders zwischen den Wendekreisen untersucht, so Thibault de Chanvallon im J. 1751 auf Martinique [46]), Mutis seit 1761 in Santa Fé de Bogota [47]), Alzate in Mexico [48]). Die Wendestunden, welche verschiedene Reisende angeben, weichen mehr oder weniger von einander ab, besonders deshalb, weil die Beobachtungen nicht stündlich angestellt wurden. Eine Reihe stündlicher Messungen machten im Jahre 1785 Lamanon und Mongès auf der Reise von la Pérouse zwischen 1° N und 1° S auf dem atlantischen Meere [49]).

Schon etwas früher hatte Chiminello behauptet, daß sich dasselbe Phänomen auch in Europa zeige. Er bestimmte nach den Beobachtungen, welche er 1778, 1779 und 1780 zu Padua gemacht hatte, die Wendestunden fast eben so, als man sie zwischen den Wendekreisen gefunden hatte. Außerdem geht aus seinen Beobachtungen aufs bestimmteste die Abhängigkeit der Wendestunden von den Jahreszeiten hervor, indem die beiden Extreme am Tage im Winter näher am Mittage liegen, als im Sommer [50]).

Um dieselbe Zeit, wo Lamanon und Mongès ihre Untersuchungen anstellten, erkannte im J. 1784 oder 1785 Trall

---

43) Bouguer Figure de la terre p. XXXIX.

44) Condamine Voy. à l'équateur p. 50 u. 109. und Voy. à la rivière des Amazones p. 23.

45) Arago in Ann. de Ch. XXV, 335. Coutelle Descr. de l'Eg. XIX, 457 Anm. Muncke in Gehler's Wörterb. N. A. I, 923.

46) Voyage à la Martinique p. 185 bei Humboldt l. l. p. 373.

47) Humboldt l. l. p. 375.

48) Cotte Mém. II, 304.

49) la Pérouse Voyage IV, 257.

50) Ephem. Soc. Met. Pal. 1784. p. 230. Schweigger Jahrb. N. R. XVII, 154.

n Calcutta Spuren dieser Periodicität, sah jedoch nur, daß das Barometer um etwa 21^h höher stehe, als zur Zeit des Sonnenufganges [51]. Erst 1794 stellte derselbe in Gemeinschaft mit Farquhar, Pearce und Balfour, einen ganzen Monat hinurch von halber zu halber Stunde Beobachtungen an [52].

Niemand hat diesen Gegenstand mit so viel Umsicht und Ausauer verfolgt, als Humboldt. Sogleich nach seiner Ankunft n Cumana untersuchte er dieses Phänomen, um dadurch die Fehr kennen zu lernen, welche er bei den Höhenmessen mit dem Baometer begehen könnte. Beobachtungen, welche fast stündlich ngestellt wurden, zeigten dieses Gesetz schon nach einigen Tagen. 'n der Folge wurden die Messungen an vielen Orten wiederholt. ald nach seiner Rückkehr theilte er den Physikern die Resultate iner Untersuchungen mit [53], und es war dieses eine der ersten nd wichtigsten Bereicherungen der Meteorologie, welche wir dier Reise verdanken. Die Wendestunden waren darnach 4^h, 11^h, 6^h und 21^h. In der Folge theilte er alle von ihm und Andern igestellten Messungen mit [54].

Durch Humboldt's Arbeiten wurden die Physiker auf dien Gegenstand aufmerksamer, und es wurden in der Folge in rschiedenen Gegenden Messungen dieser Art angestellt. Namenth thaten dieses Horsburgh an den Küsten von China und Ostdien, Kater auf dem Plateau von Mysore, Horner und angsdorf zwischen den Wendekreisen auf dem großen Oceane, schwege in Brasilien, Sabine an den Küsten Africa's, Siıonoff auf dem großen Oceane, Boussingault und Rivero n verschiedenen Punkten America's, Duperrey und Freyinet auf ihren Reisen um die Welt.

Auch außerhalb der Wendekreise wurde die Zahl der Mesıngen größer, da die ältern Arbeiten von van Swinden, emmer, Planer nicht genügten, die von Chiminello icht bekannt zu seyn scheinen. Namentlich war es Ra-

51) Asiatic res. 4. Calcutta 1790. II, 442.

52) Asiat. res. 8. London 1807. IV, 190.

53) Tableau physique p. 90.

54) Humboldt Voyage X, 330 fg. und Schweigger Jahrb. N. R. XVI, 438.

mond, welcher zuerst den Gegenstand mit hinreichender Ausdauer verfolgte; später stellte Bouvard seine Beobachtungen auf der Pariser Sternwarte zu den Wendestunden an. Mehrmals am Tage gemachte Aufzeichnungen, welche uns den Einfluß der Jahreszeiten und andere Umstände mit Leichtigkeit erkennen ließen, sind bis jetzt in höhern Breiten nur in geringer Zahl vorhanden. Ich kenne nur die Arbeiten von Nouet in Cairo, von v. Yelin in München, von Chiminello in Padua und von Hällström in Abo [55]). Ich habe seit dem 1sten Januar 1827 das Barometer etwa von 6 Uhr Morgens bis 10 Uhr Abends fast stündlich beobachtet [56]), jede Aufzeichnung wurde auf 0° R. reducirt. In diesem ganzen Zeitraume von 4½ Jahren, in welchem nur wenige Monate fehlen, war kein einziger Monat, welcher diese Periodicität nicht mehr oder weniger bestimmt gezeigt hätte; bei der Zusammenstellung von 10 zu 10 Tagen sind mir nur etwa drei Decaden vorgekommen, welche ganz anomal schienen, aber genauere Untersuchungen ließen auch hier noch diese regelmäßige Bewegung des Quecksilbers erkennen. Sank nämlich das Barometer im Allgemeinen, so geschah es weit langsamer zu der Zeit, wo es nach der Regel hätte steigen sollen. Die einzige bedeutende Anomalie in vielen Decaden zeigten die Wendestunden, indem diese oft mehrere Stunden früher oder später eintraten, als im Mittel vieler Beobachtungen.

Die Existenz dieser Oscillation ist gegenwärtig an allen Orten erwiesen, wo man eine hinreichende Zahl von Beobachtungen angestellt hat. Eine jede Arbeit, deren Zweck es ist, zu beweisen, daß diese periodische Bewegung vorhanden sey, ist wenigstens in niedern und mittlern Breiten und in geringer Höhe über dem Meere fruchtlos und kommt einige Jahrzehende zu spät. Alles, was jetzt zu thun ist, besteht in der genauern Untersuchung dieses Ganges, in der möglichst scharfen Fixirung der Wendestunden und des Unterschieds zwischen den Extremen. Dazu aber ist eine größere Zahl von Beobachtungen am Tage erforderlich (etwa 18^h, 22^h, 0^h, 4^h, 10^h, wenn man nicht noch mehrere anstellen will).

55) Eine Reihe trefflicher Beobachtungen von R. Brandes in Salzuffeln ist zur Zeit noch nicht bekannt gemacht.

56) Das benutzte Heberbarometer war von Pistor No. 54.

ll man nur die Erscheinungen kennen lernen, welche sich im
rchschnitte eines ganzen Jahres zeigen, so genügt es, den
tand des Barometers nur ein einziges Jahr sehr sorgfältig zu
obachten; soll aber auch die Abhängigkeit dieses Phänomens
n den Jahreszeiten genau angegeben werden, so scheinen 4½jäh-
ge Beobachtungen für Halle noch nicht zu genügen.

Beschäftigt sich ein einziger Physiker mit Anstellung stünd-
her Beobachtungen, so wird von selbst begreiflich, daß wenig-
ns in der Nacht der Stand unbekannt seyn müsse. Selbst am
ge werden mehrere Beobachtungen fehlen, wofern der Meteo-
log nicht Sklave seines Instrumentes werden will. In unsern
reiten, wo das Barometer sich mehr oder weniger unregelmäßig
dert, dürfen diese fehlenden Stände nicht unberücksichtigt blei-
n, sie müssen vielmehr durch Interpolation ergänzt werden[57]).
ind die Messungen nur zur Zeit der Wendestunden angestellt,
kann man ohne großen Fehler die fehlenden Glieder dadurch
den, daß man sie als Glieder einer arithmetischen Reihe der
ten Ordnung ansieht. Hätte man also um 23 Uhr und 2 Uhr
pective die Barometerstände 335''',43 und 335''',04 gefun-
n, so ändert sich hier die Höhe des Quecksilbers in 3 Stunden
ı 335''',43 — 335''',04 = 0''',39, stündlich also um 0''',13,
d es wäre der Barometerstand um 0^h 335''',43 — 0''',13
= 335''',30, um 1^h 335''',30 — 0''',13 = 335''',17.

Werden an einem Orte zuerst Messungen dieser Art angestellt,
bleibt dem Beobachter kaum ein anderes Interpolationsverfah-
n übrig, wofern er nicht die an benachbarten Orten gefundenen
esultate benutzen will, es muß dabei nur dafür gesorgt werden,
ß die Messungen zur Zeit der Extreme angestellt werden. Hat
an aber bereits den Gang des Barometers an einem Orte durch
ühere Aufzeichnungen bestimmt, so kann man ein Verfahren an-
enden, welches Resultate liefert, die sich im Mittel einer grö-
rn Zahl von Beobachtungen wenig von der Wahrheit entfer-
n. Die Aenderung, welche die Höhe des Quecksilbers zwischen
vei beliebigen Stunden erleidet, kann als aus zwei Theilen be-

57) Mehrere Anomalieen, welche v. Yelin in München fand, haben ihren Grund darin, daß er fehlende Beobachtungen nicht durch Interpolation ergänzte.

[illegible] regelmäßigen Bewegung
[illegible] Die algebraische Summe
[illegible] längern Zeit kann als
[illegible] Barometerstand, wie w
[illegible] Dieses ist aber mit d
[illegible] zwischen zwei Stun
[illegible] Interpolation so vo
[illegible] Beobachtungen d
[illegible] unregelmäßigen Sch
[illegible] angenommen,
[illegible] metische Reihe er
[illegible] 22^h und 2^h be
[illegible] beobachtungen durc
[illegible] die mittlern
[illegible] gefundenen,
[illegible] der unregel
[illegible] jene ich diese Di
[illegible] bildend
[illegible] der fehlenden Stun
[illegible] der früheren Beobac
[illegible] in Halle um 2
[illegible] 52 und 336'''
[illegible] als mittlern S
[illegible] und 332''',473
[illegible] Stunden auf

[illegible]	2^h beob.	336''',[illegible]
[illegible]	Mittel	332,47
[illegible]	Untersch.	+ 4,46

[illegible] dieser Zeit ändert
[illegible] um + '',838 — 4'
[illegible] ist also um

um $23^h = 332''',650 + 4''',745 = 337''',40$
$0^h = 332,602 + 4,652 = 337,25$
$1^h = 332,545 + 4,559 = 337,10$

einem einzelnen Falle können die interpolirten Größen freilich [mehr] oder weniger von denen abweichen, welche durch directe [Beo]bachtungen gefunden seyn würden, aber im Mittel vieler [Beo]bachtungen wird diese Differenz verschwinden. Es ist hiebei [ni]t nöthig, so gewissenhaft dafür zu sorgen, daß man wenig[ste]ns genau zu den Wendestunden beobachte. Hat man in der [ers]ten Zeit nach dem zuerst gedachten Verfahren interpolirt, so [kan]n man in der Folge mit Hülfe des allgemeinen Mittels die In[ter]polation der frühern Aufzeichnungen nach der zweiten Methode [noch]mals wiederholen, das Resultat wird dann offenbar richtiger [sey]n. — Eben dieses Verfahren habe ich bei den Messungen [zwi]schen den Wendekreisen angewendet.

Um die in den Beobachtungen noch vorhandenen Anomalieen [zu] entfernen und die Wendestunden nebst den entsprechenden Ex[tre]men zu bestimmen, kann man eine möglichst regelmäßige Curve [zie]hen, deren Absciſſen die Stunden und deren Ordinaten die zu[ge]hörigen Barometerhöhen sind. Um die fast allenthalben in [höh]ern Breiten fehlenden Nachtbeobachtungen zu erhalten, ist [die] Construction solcher Curve das einfachste Mittel. Sicherer er[häl]t man den Gang, wenn man den Ausdruck

$$B_n = B + a \sin (n \,.\, 15^\circ + v) + a' \sin (n \,.\, 30 + v') + a'' \sin (n \,.\, 45^\circ\ v'') + \ldots.$$

[au]f dieses Problem anwendet, wie dieses zuerst Hällström ge[th]an hat [58]). Hier ist B_n der der nten Stunde (vom Mittage [a]n gerechnet) entsprechende Barometerstand B, a', a'' .... [v], v', v'' .... sind constante Coefficienten und Hülfswinkel. [H]ällström hat auf diese Art den Gang des atmosphärischen [D]ruckes an verschiedenen Orten bestimmt; ehe seine zweite Ab[h]andlung erschien, hatte ich die von Humboldt mitgetheilten [M]essungen [59]) durch denselben Ausdruck dargestellt; die von mir [er]haltenen, im Folgenden mitgetheilten Resultate weichen etwas

58) Poggendorff's Annalen VIII, 144.
59) Humboldt Voyage X, 334.

von den Hällströmschen ab. — Wenn man diesen Ausdru
auf Beobachtungen zwischen den Wendekreisen oder auf das jährli
Mittel in höheren Breiten anwendet, so genügt die Gleichung

$$B_n = B + a \sin(n.15^\circ + v) + a' \sin(n.15^\circ + v');$$

soll jedoch die atmosphärische Ebbe in höheren Breiten in einze
Monaten dadurch gefunden werden, so sieht man sich wenigste
um die Zeit der Solstitien genöthigt, noch das folgende Glied
der rechten Seite des Gleichheitszeichens zu nehmen.

Um dieselbe Zeit, wo Hällström seine Untersuchung
stellte, gab Bouvard eine ähnliche Formel [60]. Ist B_n
Barometerstand zur nten Stunde, B_o der zur Zeit des Mittag
ist s der der nten Stunde entsprechende Stundenwinkel der So
vom Mittage an gerechnet, und sind a, b, c .... constante Co
ficienten, m, n, p .... constante Hülfsmittel, so wird

$$B_n - B_o = a \sin(s + m) + b \sin(2s + n) + c \sin(3s + p) + \ldots\ldots$$

Hat man stündliche Beobachtungen, so wird bei Anwendung d
Methode der kleinsten Quadrate B in dem von uns benutzten A
drucke gleich dem arithmetischen Mittel aller Aufzeichnungen, u
diese Größe entfernt sich so wenig von dem wahren Mittel, d
wir beide für identisch ansehen wollen. Wie wenig beide Grö
von einander abweichen, möge folgendes Beispiel zeigen. Hab
wir die Constanten unseres Ausdruckes entwickelt und suchen
dann den Flächeninhalt der Curve auf, so ist dieser gleich de
wahren Mittel; nehmen wir die Länge des Tages als Einheit a
so wird dieses

$$B - \tfrac{1}{360} a \cos. v - \tfrac{1}{720} a' \cos v'.$$

An wenigen Orten erreichen die Oscillationen eine so bedeuten
Größe, als in Carracas. Die sogleich mitzutheilenden Messunge
von Humboldt geben die Gleichung

$$B_n = 302''',3433 + 0,2131 \sin(n.15^\circ + 171^\circ 46') + 0,4697 \sin(n.30^\circ + 152^\circ 33')$$

Durch Quadratur der Curve erhalten wir als Mittel 302''',3445;
das arithmetische Mittel 302''',3433 weicht davon nur u
0''',0012 ab.

60) Bibl. univ. XLI, 276.

Bei Bestimmung der Größe dieser Oscillationen nehmen die
isten Physiker den Unterschied zwischen dem Maximum am
orgen und dem Minimum am Abend, Andere, wie Häll-
öm, den Unterschied zwischen dem höchsten Maximum und dem
drigsten Minimum. Am zweckmäßigsten würde es unstreitig
n, die Curve vermittelst der gefundenen Gleichung zu rectifi-
en. Ich habe stets das Mittel der beiden Maxima und das
r beiden Minima genommen und ihre Differenz der Verglei-
ng zum Grunde gelegt.

In der folgenden Tafel sind die mir bekannten Messungen
getheilt und größtentheils auf 0° R reducirt:

	Atlantisches Meer [61])	Großer Ocean [62])	Popayan [63])	Ibagu
Breite	0° N	0°	2° 26′ N	4° 2
Höhe	0	0	911ᵗ	70
0^h	336‴,549	333‴,514	274‴,195	292″
1	6,185	3,296	3,934	1,
2	5,869	3,154	3,680	1,
3	5,736	2,985	3,593	1,
4	5,699	2,924	3,478	1,
5	5,773	3,053	3,540	1,
6	5,941	3,225	3,699	1,
7	6,621	3,320	3,919	1,
8	6,647	3,510	4,146	2,
9	6,797	3,686	4,338	2,
10	6,839	3,733	4,443	2,
11	6,766	3,738	4,383	2,
12	6,614	3,560	4,250	2,
13	6,303	3,443	4,060	1,9
14	5,815	3,256	3,768	1,7
15	5,853	3,189	3,732	1,6
16	5,642	3,054	3,690	1,6
17	5,642	3,199	3,755	1,7
18	5,884	3,338	3,911	1,9
19	5,960	3,564	4,189	2,1
20	6,626	3,775	4,305	2,3
21	7,039	3,870	4,401	2,5
22	7,139	3,864	4,417	2,4
23	6,844	3,712	4,346	2,3

61) Lamanon und Mongès auf la Pérouse's Reise Pérouse Voyage IV, 292. Vom 28sten Septbr. um 16h b 1sten Octbr. um 18h. Die Messungen habe ich nur als historisc tig mitgetheilt, das Resultat hat einen geringen Werth, da Messungen Unregelmäßigkeiten vorhanden sind. Denn am 28sten um 16h, wo die Messungen anfingen, stand das auf 0° reducirt meter auf 29″,762 engl., am 1sten Octbr. um 18h, wo sie au auf 29°,864, während beide Größen nahe gleich seyn sollten.

62) Horner und Langsdorff, Krusenstern's Rei 154 vom 8ten Mai bis 8ten Junius, zwischen 9° 8′ S und 10 stündlich beobachtet.

63) Caldas vom 10ten Mai um 8h bis zum 22sten um 10h bei H boldt Voyage T. X. Tafel X.

64) Humboldt vom 23sten Septbr. um 0h bis zum 27sten um

Sta. Fé de Bogota [85])	Payta [86])	Sierra Leone [87])	Cumana [88])
4° 36′ N	5° 6′ S	8° 30′ N	10° 28′ N
1366ᵗ	0	0	0
248‴,436	335‴,920	334‴,540	335‴,384
8,188	5,634	4,378	5,123
7,922	5,264	4,137	4,898
7,755	5,063	4,061	4,753
7,706	5,083	3,983	4,674
7,742	5,144	4,025	4,753
7,886	5,253	4,130	4,876
8,103	5,528	4,312	5,052
8,326	5,828	4,511	5,225
8,513	6,053	4,651	5,395
8,600	6,321	4,764	5,519
8,513	6,540	4,747	5,645
8,389	6,395	4,648	5,514
8,206	6,308	4,492	5,365
8,034	6,180	4,331	5,224
7,929	6,024	4,209	5,083
7,899	6,060	4,161	4,985
8,037	6,215	4,200	5,041
8,234	6,397	4,316	5,213
8,474	6,477	4,515	5,390
8,689	6,494	4,634	5,563
8,847	6,550	4,714	5,716
8,737	6,496	4,771	5,718
8,635	6,188	4,718	5,577

[85]) Humboldt Voyage X, 471 nach Boussingault.
[86]) 24 Stunden von Duperrey bei Humboldt Voyage X, 395.
[87]) Sabine bei Daniell Meteor. Ess. p. 252.
[88]) Humboldt in Voyage X, 334.

	Carracas [69]	la Guayra [70]	Callao [71]	Lima [72]
Breite	10° 31′ N	10° 36′ N	12° 3′ S	12° 3′ S
Höhe	480t	0	0	0
0h	302‴,515	336‴,644	335‴,889	328‴,61
1	2,244	6,420	5,640	8,289
2	1,996	6,199	5,563	8,094
3	1,828	6,071	5,447	8,013
4	1,709	6,041	5,308	7,947
5	1,813	6,060	5,366	8,149
6	1,958	6,194	5,561	8,445
7	2,157	6,417	5,761	8,808
8	2,364	6,543	5,957	9,090
9	2,529	6,765	6,091	9,275
10	2,627	6,874	6,131	9,351
11	2,648	6,899	6,186	9,286
12	2,575	6,746	5,889	9,054
13	2,420	6,616	5,781	8,825
14	2,211	6,484	5,550	8,614
15	2,051	6,377	5,456	8,508
16	2,017	6,318	5,380	8,552
17	2,064	6,394	5,550	8,676
18	2,274	6,603	5,832	8,913
19	2,596	6,879	6,122	9,206
20	2,811	7,122	6,209	9,361
21	3,044	7,185	6,297	9,530
22	2,996	7,121	6,143	9,466
23	2,791	6,896	6,023	9,015

69) Humboldt in Voyage X, 354.
70) Boussingault und Rivero bei Humboldt Voyage X, 339.
71) Humboldt in Voyage X, 348.
72) Ibid. p. 345.

Chittledroog [73])	Großer Ocean [74])	Taïti [75])	Großer Ocean [76])
14° 11′ N	16° S	17° 29′ S	18° N
400t	0	0	0
308‴,198	335‴,086	337‴,692	335‴,458
8,040	4,788	7,375	5,317
7,878	4,574	7,171	5,199
7,692	4,461	7,184	5,072
7,594	4,399	7,150	4,952
7,749	4,476	7,300	5,070
7,949	4,604	7,339	5,165
8,085	4,779	7,481	5,306
8,317	4,911	7,583	5,462
8,387	5,084	7,707	5,625
8,472	5,156	7,693	5,719
8,441	5,071	7,565	5,744
8,468	5,001	7,534	5,666
8,183	4,912	7,419	5,518
7,983	4,793	7,291	5,327
7,872	4,667	7,117	5,262
7,736	4,656	7,215	5,229
7,772	4,605	7,291	5,340
7,836	4,684	7,512	5,539
7,925	4,924	7,703	5,640
8,143	5,080	8,022	5,754
8,345	5,250	8,088	5,773
8,370	5,303	8,031	5,828
8,323	5,103	7,835	5,737

Later bei Humboldt Voyage X, 352.
Horner und Langsdorff bei Krusenstern l. l.
Simonoff in Zach Correspondance VIII, 551.
Horner und Langsdorff bei Krusenstern l. l.

	Mexico 77)	Calcutta 78)	Rio Janeiro 79)	Cairo 80)
Breite	19° 26′ N	22° 35′ N	22°54′ S	30° 2′ N
Höhe	1168^t	0	0	0
0^h	258‴,452	336‴,731	339‴,262	335‴,824
1	8,143	6,559		5,586
2	7,840	6,191	8,943	5,536
3	7,812	6,068		5,204
4	7,809	5,978	8,673	5,120
5	7,854	5,989		5,167
6	8,012	6,022	8,987	5,311
7	8,256	6,026		5,517
8	8,631	6,259	9,260	5,737
9	8,766	6,563		5,925
10	8,843	6,608	9,458	6,045
11	8,841	6,506		6,081
12	8,692	6,371	9,323	6,036
13	8,850	6,293		5,900
14	8,727	6,270	8,898	5,773
15	8,637	6,236		5,650
16	8,617	6,225	8,717	5,700
17	8,639	6,214		5,784
18	8,792	6,327	9,033	5,882
19	8,862	6,529		6,008
20	8,916	6,855	9,322	6,062
21	8,944	6,956		6,115
22	8,736	6,990	9,575	6,128
23	8,570	6,945		5,897

77) Humboldt in Voyage X, 363.
78) Balfour, Farqhuar u. Pearce in Asiat. res. IV, 190.
79) Dorta bei Humboldt Voyage X, 400.
80) Coutelle Descr. de l'Eg. XIX, 457.

	Padua [81])	München [82])	Halle [83])	Abo [84])
eite	45° 24′ N	48° 8′ N	51° 29′ N	60° 57′ N
öhe	0			
0h	335‴,583	318‴,503	333‴,970	336‴,598
1	5,511	8,433	3,903	6,587
2	5,430	8,385	3,848	6,580
3	5,372	8,356	3,810	6,572
4	5,341	8,359	3,784	6,572
5	5,335	8,382	3,786	6,578
6	5,356	8,431	3,812	6,590
7	5,414	8,472	3,857	6,612
8	5,485	8,511	3,905	6,634
9	5,542	8,541	3,941	6,666
0	5,583	8,548	3,968	6,670
1	5,585	8,546	3,962	6,669
2	5,578	8,503	3,956	6,643
3	5,531	8,449	3,899	6,607
4	5,503	8,392	3,866	6,567
5	5,478	8,345	3,845	6,523
6	5,460	8,321	3,848	6,492
7	5,463	8,329	3,877	6,476
8	5,483	8,367	3,921	6,478
9	5,523	8,398	3,971	6,495
0	5,580	8,460	4,014	6,526
1	5,615	8,518	4,045	6,554
2	5,638	8,562	4,068	6,587
3	5,607	8,545	4,014	6,605

) Chiminello in Ephem. Soc. Met. Palat. 1784 p. 180.

) Yelin Vers. u. Beob. üb. die Zambon. Säule. 4. München 1820.

) 4½jährige Beobachtungen von mir.

Hällström in Poggendorff's Ann. VIII, 443.

Die in den vorstehenden Tafeln mitgetheilten Messungen ge
folgende Gleichungen:

I. Atlantisches Meer, Breite 0°

$$B_n = 336''',262 + 0''',052 \sin(n.15^\circ + 93^\circ 58') + 0''',725 \sin(n.30 + 150^\circ 46')$$

mit dem wahrscheinlichen Fehler $\varepsilon''(B_n) = 0''',0820$.

II. Großer Ocean, Breite 0°

$$B_n = 333''',4151 + 0''',1051 \sin(n.15^\circ + 184^\circ 43' + 0''',3764 \sin(n.30 + 156^\circ 35')$$

$$\varepsilon''(B_n) = 0''',0188.$$

III. Popayan, Breite 2° 26' 17" N

$$B_n = 274''',0072 + 0''',1024 \sin(n.15^\circ + 192^\circ 54') + 0''',4237 \sin(n.30^\circ + 152^\circ 49')$$

$$\varepsilon''(B_n) = 0,0210$$

IV. Ibague, Breite 4° 27' 45" N

$$B_n = 291''',9950 + 0''',1098 \sin(n.15^\circ + 183^\circ 42' + 0''',4250 \sin(n.30^\circ + 157^\circ 26')$$

$$\varepsilon''(B_n) = 0''',0245.$$

V. Sta. Fé de Bogota, Breite 4° 36' N

$$B_n = 248''',2418 + 0''',1692 \sin(n.15^\circ + 169^\circ 1 + 0''',4409 \sin(n.30 + 156^\circ 59')$$

$$\varepsilon''(B_n) = 0''',0150.$$

VI. Payta, Breite 5° 6' S

$$B_n = 335''',9756 + 0''',3594 \sin(n.15^\circ + 205^\circ 2 + 0''',4129 \sin(n.30^\circ + 153^\circ 43')$$

$$\varepsilon''(B_n) = 0''',0400.$$

VII. Sierra Leone, Breite 8° 30' N

$$B_n = 334''',4145 + 0''',1066 \sin(n.15^\circ + 201^\circ 4 + 0''',3412 \sin(n.30^\circ + 147^\circ 40')$$

$$\varepsilon''(B_n) = 0''',0125.$$

VIII. Cumana, Breite 10° 28' N

$$B_n = 335''',2369 + 0''',1926 \sin(n.15^\circ + 192^\circ 5 + 0''',3886 \sin(n.30^\circ + 146^\circ 58')$$

$$\varepsilon''(B_n) = 0''',0256.$$

IX. Carracas, Breite 10° 31′ N

$$B_n = 302^{\prime\prime\prime},3433 + 0^{\prime\prime\prime},2131 \sin(n.15^\circ + 171^\circ\, 46') + 0^{\prime\prime\prime},4697 \sin(n.30^\circ + 152^\circ\, 33')$$

$$\varepsilon''(B_n) = 0^{\prime\prime\prime},0337.$$

X. la Guayra, Breite 10° 36′ N

$$B_n = 336^{\prime\prime\prime},5778 + 0^{\prime\prime\prime},2291 \sin(n.15^\circ + 181^\circ\, 18') + 0^{\prime\prime\prime},4114 \sin(n.30^\circ + 157^\circ\, 55')$$

$$\varepsilon''(B_n) = 0^{\prime\prime\prime},0359.$$

XI. Callao, Breite 12° 3′ S

$$B_n = 335^{\prime\prime\prime},7959 + 0^{\prime\prime\prime},1035 \sin(n.15^\circ + 180^\circ\, 59') + 0^{\prime\prime\prime},4055 \sin(n.30^\circ + 163^\circ\, 49')$$

$$\varepsilon''(B_n) = 0^{\prime\prime\prime},0410.$$

XII. Lima, Breite 12° 3′ S

$$B_n = 328^{\prime\prime\prime},7949 + 0^{\prime\prime\prime},3002 \sin(n.15^\circ + 212^\circ\, 33') + 0^{\prime\prime\prime},0896 \sin(n.30^\circ + 171^\circ\, 6')$$

$$\varepsilon''(B_n) = 0^{\prime\prime\prime},0347.$$

XIII. Chittledroog, Breite 14° 11′ N

$$B_n = 308^{\prime\prime\prime},0733 + 0^{\prime\prime\prime},0897 \sin(n.15^\circ + 278^\circ\, 57') + 0^{\prime\prime\prime},3640 \sin(n.30 + 143^\circ\, 30')$$

$$\varepsilon''(B_n) = 0^{\prime\prime\prime},0296.$$

XIV. Großer Ocean, Breite 16° S

$$B_n = 334^{\prime\prime\prime},8486 + 0^{\prime\prime\prime},1007 \sin(n.15^\circ + 186^\circ\, 23') + 0^{\prime\prime\prime},3423 \sin(n.30^\circ + 148^\circ\, 43')$$

$$\varepsilon''(B_n) = 0^{\prime\prime\prime},0293.$$

XV. Taiti, Breite 17° 29′ S

$$B_n = 337^{\prime\prime\prime},5071 + 0^{\prime\prime\prime},1413 \sin(n.15^\circ + 142^\circ\, 40') + 0^{\prime\prime\prime},3603 \sin(n.30^\circ + 170^\circ\, 4')$$

$$\varepsilon''(B_n) = 0^{\prime\prime\prime},0409.$$

XVI. Großer Ocean, 18° N

$$B_n = 335^{\prime\prime\prime},4459 + 0^{\prime\prime\prime},1598 \sin(n.15^\circ + 193^\circ\, 25') + 0^{\prime\prime\prime},3154 \sin(n.30 + 155^\circ\, 10')$$

$$\varepsilon''(B_n) + 0^{\prime\prime\prime},0270.$$

XVII. Mexico, Breite 19° 26′ N

$$B_n = 258''',5100 + 0''',4268 \sin(n . 15° + 213° 17′) + 0''',3160 \sin(n . 30° + 163° 10′)$$

$$\varepsilon''(B_n) = 0''',0395.$$

XVIII. Calcutta, Breite 22° 35′ N

$$B_n = 336''',4063 + 0''',2442 \sin(n . 15° + 144° 24′) + 0''',3409 \sin(n . 30° + 147° 7′)$$

$$\varepsilon''(B_n) = 0''',0390.$$

XIX. Rio Janeiro, Breite 22° 54′ S

$$B_n = 339''',1209 + 0''',0324 \sin(n . 15° + 153° 0′) + 0''',3838 \sin(n . 30° + 153° 41′)$$

$$\varepsilon''(B_n) = 0''',0297.$$

XX. Cairo, Breite 30° 2′ N

$$B_n = 335''',7411 + 0''',2840 \sin(n . 15° + 201° 36′) + 0''',3262 \sin(n . 30° + 153° 11′)$$

$$\varepsilon''(B_n) = 0''',0178.$$

XXI. Padua, Breite 45° 24′ N

$$B_n = 335''',4997 + 0''',0620 \sin(n . 15° + 183° 46′) + 0''',1077 \sin(n . 30° + 135° 59′)$$

$$\varepsilon''(B_n) = 0''',0074.$$

XXII. München, Breite 48° 8′ N

$$B_n = 318''',4440 + 0''',0079 \sin(n . 15° + 341° 10′) + 0''',1067 \sin(n . 30° + 147° 44′)$$

$$\varepsilon''(B_n) = 0''',0109.$$

XXIII. Halle, Breite 51° 29′ N

$$B_n = 333''',9099 + 0''',0552 \sin(n . 15° + 159° 56′) + 0''',0932 \sin(n . 30° + 155° 42′)$$

$$\varepsilon''(B_n) = 0''',0036.$$

XXIV. Abo, Breite 60° 57′ N

$$B_n = 336''',5781 + 0''',0580 \sin(n . 15° + 339° 35′) + 0''',0534 \sin(n . 30° + 124° 11′)$$

$$\varepsilon''(B_n) = 0''',0025.$$

*) Nach Hällström's Berechnung, Barometer auf 16° R. reducirt.

Sind an vielen dieser Orte die Beobachtungen auch nicht hin-
ıd lange fortgesetzt, um alle Anomalieen zu entfernen, so
doch alle die Existenz dieser Oscillation und Gesetze, welche
oder weniger übereinstimmen. Stellen wir zunächst die
stunden zusammen, so erhalten wir folgende in Decimal-
der Stunde ausgedrückte Momente.

Ort	Breite	Min.	Max.	Min.	Max.	Beobachter
Ocean	0	3h,91	10h,02	15h,66	21h,55	Horner
ın	2. 26 N	3,98	10,13	15,84	21,71	Caldas
:	4. 28 N	3,87	9,97	15,68	21,54	v. Humboldt
é de Bogota	4. 36 N	4,01	10,05	15,73	21,52	Boussingault
.	5. 6 S	3,82	11,04	15,70	20,60	Freycinet
Leone	8. 30 N	4,12	10,38	16,06	21,81	Sabine
a	10. 28 N	4,26	10,58	15,97	21,68	v. Humboldt
ıs	10. 31 N	4,07	10,37	15,77	21,59	v. Humboldt
yra	10. 36 N	4,00	10,23	15,41	21,24	Boussingault
	12. 3 S	3,70	9,77	15,42	21,40	v. Humboldt
	12. 3 S	3,37	9,81	15,33	20,93	v. Humboldt
;	13. 4 N	5,38	10,07	16,10	22,12	Goldingham [1])
roog	14. 11 N	4,00	10,28	16,47	22,13	Kater
Ocean	16° S	4,15	10,31	15,97	21,70	Horner
	17. 29 S	3,72	9,43	14,97	21,18	Simonoff
Ocean	18. N	3,97	10,31	15,64	21,37	Horner
	19. 26 N	3,62	11,15	15,40	20,17	v. Humboldt
a	22. 35 N	4,67	10,45	15,42	21,34	Balfour
neiro	22. 54 S	3,92	9,88	15,75	21,76	Dorta
	30. 2 N	4,00	10,75	15,92	21,19	Coutelle
	45. 24 N	4,39	10,59	16,16	21,96	Chiminello
n	48. 8 N	4,0[illegible]	10,03	16,07	22,13	v. Yelin
	51. 29	4,20	10,18	15,37	21,50	Kämtz [2])
	60. 27	4,05	10,15	17,38	23,37	Hällström

Eine Abhängigkeit der Wendestunden von den Breiten scheint
cht vorhanden zu seyn, da die Zeiten der Extreme in Halle
tens noch nahe eben so sind, als nach den Messungen von
er und Langsdorff in der Nähe des Aequators. Nur
, Mexico und Abo zeigen etwas bedeutende Anomalieen,
b will ich diese ausschließen und das Mittel der Zeiten an
rigen Orten nehmen. Dadurch erhalten wir

---

ergbaus Annalen, Octbr. 1828. S. 57. Am 10ten, 20sten und
sten jedes Monats im J. 1830 beobachtet.

ällström giebt nach Winckler's Beobachtungen in 44 Monaten
,18, 10h,63, 16h,77 und 22h,27.

XVII. Mexico, Breite 19° 26′ N

$$B_n = 258''',5100 + 0''',4268 \sin(n.15° + 213° 17') + 0''',3160 \sin(n.30° + 163° 10')$$
$$\varepsilon''(B_n) = 0''',0395.$$

XVIII. Calcutta, Breite 22° 35′ N

$$B_n = 336''',4063 + 0''',2442 \sin(n.15° + 144° 24') + 0''',3409 \sin(n.30° + 147° 7')$$
$$\varepsilon''(B_n) = 0''',0390.$$

XIX. Rio Janeiro, Breite 22° 54′ S

$$B_n = 339''',1209 + 0''',0324 \sin(n.15° + 153° 0') + 0''',3838 \sin(n.30° + 153° 41')$$
$$\varepsilon''(B_n) = 0''',0297.$$

XX. Cairo, Breite 30° 2′ N

$$B_n = 335''',7411 + 0''',2840 \sin(n.15° + 201° 36') + 0''',3262 \sin(n.30° + 153° 11')$$
$$\varepsilon''(B_n) = 0''',0178.$$

XXI. Padua, Breite 45° 24′ N

$$B_n = 335''',4997 + 0''',0620 \sin(n.15° + 183° 46') + 0''',1077 \sin(n.30° + 135° 59')$$
$$\varepsilon''(B_n) = 0''',0074.$$

XXII. München, Breite 48° 8′ N

$$B_n = 318''',4440 + 0''',0079 \sin(n.15° + 341° 10') + 0''',1067 \sin(n.30° + 147° 44')$$
$$\varepsilon''(B_n) = 0''',0109.$$

XXIII. Halle, Breite 51° 29′ N

$$B_n = 333''',9099 + 0''',0552 \sin(n.15° + 159° 56') + 0''',0932 \sin(n.30° + 155° 42')$$
$$\varepsilon''(B_n) = 0''',0056.$$

XXIV. Abo, Breite 60° 57′ N

$$B_n = 336''',5781 + 0''',0580 \sin(n.15° + 339° 35') + 0''',0534 \sin(n.30° + 124° 11')$$
$$\varepsilon''(B_n) = 0''',0025.$$

---

*) Nach Hällström's Berechnung, Barometer auf 16° R. reducirt.

Sind an vielen dieser Orte die Beobachtungen auch nicht hin-
nd lange fortgesetzt, um alle Anomalieen zu entfernen, so
doch alle die Existenz dieser Oscillation und Gesetze, welche
oder weniger übereinstimmen. Stellen wir zunächst die
stunden zusammen, so erhalten wir folgende in Decimal-
der Stunde ausgedrückte Momente.

Ort	Breite	Min.	Max.	Min.	Max.	Beobachter
Ocean	0	3h,91	10h,02	15h,66	21h,55	Horner
n	2. 26 N	3,98	10,13	15,84	21,71	Caldas
:	4. 28 N	3,87	9,97	15,68	21,54	v. Humboldt
é de Bogota	4. 36 N	4,01	10,05	15,73	21,52	Boussingault
.	5. 6 S	3,82	11,04	15,70	20,60	Freycinet
Leone	8. 30 N	4,12	10,38	16,06	21,81	Sabine
a	10. 28 N	4,26	10,58	15,97	21,68	v. Humboldt
is	10. 31 N	4,07	10,37	15,77	21,59	v. Humboldt
yra	10. 36 N	4,00	10,23	15,41	21,24	Boussingault
	12. 3 S	3,70	9,77	15,42	21,40	v. Humboldt
	12. 3 S	3,37	9,81	15,33	20,93	v. Humboldt
s	13. 4 N	5,38	10,07	16,10	22,12	Goldingham [1]
roog	14. 11 N	4,00	10,28	16,47	22,13	Kater
Ocean	16° S	4,15	10,31	15,97	21,70	Horner
	17. 29 S	3,72	9,43	14,97	21,18	Simonoff
Ocean	18. N	3,97	10,31	15,64	21,37	Horner
	19. 26 N	3,62	11,15	15,40	20,17	v. Humboldt
a	22. 35 N	4,67	10,45	15,42	21,84	Balfour
neiro	22. 54 S	3,92	9,88	15,75	21,76	Dorta
	30. 2 N	4,00	10,75	15,92	21,19	Coutelle
	45. 24 N	4,39	10,59	16,16	21,96	Chiminello
n	48. 8 N	4,04	10,03	16,07	22,13	v. Yelin
	51. 29	4,20	0,18	15,37	21,50	Kämtz [2]
	60. 27	4,05	10,15	17,38	23,87	Hällström

Eine Abhängigkeit der Wendestunden von den Breiten scheint
cht vorhanden zu seyn, da die Zeiten der Extreme in Halle
tens noch nahe eben so sind, als nach den Messungen von
er und Langsdorff in der Nähe des Aequators. Nur
, Mexico und Abo zeigen etwas bedeutende Anomalieen,
b will ich diese ausschließen und das Mittel der Zeiten an
rigen Orten nehmen. Dadurch erhalten wir

---

erghaus Annalen, Octbr. 1828. S. 57. Am 10ten, 20sten und
sten jedes Monats im J. 1830 beobachtet.

ällström giebt nach Winckler's Beobachtungen in 44 Monaten
,18, 10h,63, 16h,77 und 22h,27.

Minimum um	$4^h,09$	=	4^h 5′
Maximum	10,18	=	10. 11
Minimum	15,75	=	15. 45
Maximum	21,62	=	21. 37

Will ein Beobachter die Oscillationen des Barometers durch wenige Messungen kennen lernen, so ist es am zweckmäßigsten, den Stand des Quecksilbers zu den eben angeführten Zeiten aufzuzeichnen. Es scheinen die Stunden 4^h, 10^h, 16^h und 22^h um so mehr zu empfehlen, da das arithmetische Mittel der um diese Zeit gefundenen Thermometerstände sich wenig von der mittlern Temperatur entfernt. Auf vielen meteorologischen Observatorien wird gegenwärtig das Barometer um 3^h, 9^h und 21^h beobachtet; nur die letztere Zeit kommt der Wahrheit ziemlich nahe, die beiden ersten Momente entfernen sich um mehr als eine Stunde von den richtigen. Noch abweichender ist die Angabe von Fläugergues, indem nach den Messungen, welche er an 977 Tagen zu Viviers um 16^h, 21^h, 0^h, 3^h und 8^h anstellte, das Maximum um 20^h 28′ eintreffen soll [3]); jedenfalls beruht dieses anomale Resultat auf einer zu geringen Zahl von Messungen, auch lassen sich gegen die Formel, welche Flaugergues der Berechnung zum Grunde legte, gegründete Einwendungen machen.

Die Wendestunden treffen wenigstens in mittlern Breiten im Laufe des Jahres nicht stets zu derselben Zeit ein. Zuerst machte Ramond darauf aufmerksam, indem er zeigte, daß das Maximum am Morgen und das Minimum am Abend im Winter näher am Mittage lägen als im Sommer [4]), weshalb er von Humboldt als der erste Entdecker dieser Abhängigkeit von den Jahreszeiten angesehen wird [5]). Aber schon die ältern Beobachtungen Chiminello's zeigen diese Abhängigkeit von den Jahreszeiten ganz entschieden. Werden die Constanten unseres Ausdruckes, vermittelst der von Chiminello für die einzelnen Jahreszeiten gegebenen Beobachtungen bestimmt und daraus die Wendestunden hergeleitet, so erhalten wir

3) Bibl. univ. XL, 282.
4) Mém. de l'Inst. pour 1808. p. 103.
5) Humboldt Voyage X, 414. Schweigger's Jahrb. N. R. XVII, 154.

	Winter	Frühling	Sommer	Herbst
Minimum	3^h 5′	5^h 7′	5^h 18′	5^h 4′
Maximum	9. 58.	11. 21	11. 56	11. 22
Minimum	16. 50.	16. 6	16. 8	16. 14
Maximum	22. 5.	21. 58	21. 58	22. 7

Wenn das Maximum am Morgen im ganzen Jahre zu derselben Zeit eintritt, so liegt der Grund wohl hauptsächlich darin, daß die Messungen nicht hinreichend lange fortgesetzt sind, um alle Anomalieen zu entfernen. Eben diese Abhängigkeit der Wendestunden von den Jahreszeiten zeigen von Yelin's Beobachtungen in München, und da diese vorzugsweise die Wintermonate umfassen, so liegt vielleicht hierin der Grund, weshalb das Maximum hier erst um 22^h 8′ eintritt. Aus Beobachtungen, welche Marqué Victor in Toulouse anstellte, folgert Bouvard, daß das Maximum im Sommer um 20^h 10′, im Winter um 21^h 30′ eintrete [6]). Weniger bekannt ist der Einfluß der Jahreszeiten auf das Minimum am Morgen; Ramond, als einzelner Beobachter, konnte hierüber nichts Bestimmtes angeben. Die Resultate von Chiminello's Beobachtungen zeigen, daß es im Sommer früher eintritt, als im Winter; nach Flaugergues findet dasselbe auch in Viviers Statt, indem es im Sommer im Mittel um 15^h 30′, im Winter um 16^h 30′ eintritt [7]).

Meine eigenen Messungen in Halle zeigen diesen Einfluß der Tageslänge auf die Wendestunden ziemlich bestimmt. Folgende Tafel enthält den mittlern Barometerstand nach fast $4\frac{1}{2}$jährigen Beobachtungen bei 0° R.

---

6) Bibl. univ. XLI, 280.

7) Ibid. XL, 279.

Mittlerer Barometerstand zu Halle bei 0° R, nach den Beobachtungen vom 1sten Januar 1827 bis 31sten Mai 1831.

Stunde	Januar	Februar	März	April	Mai	Junius
	330‴,+	330‴,+	330‴,+	330‴,+	330‴,+	330‴,+
0	3,859	4,459	3,255	2,602	3,737	3,776
1	3,779	4,387	3,188	2,545	3,682	3,692
2	3,757	4,336	3,144	2,473	3,611	3,620
3	3,758	4,310	3,112	2,415	3,547	3,553
4	3,779	4,290	3,095	2,369	3,493	3,494
5	3,809	4,297	3,112	2,359	3,457	3,470
6	3,818	4,335	3,139	2,378	3,459	3,495
7	3,849	4,380	3,181	2,429	3,498	3,561
8	3,870	4,400	3,229	2,487	3,567	3,610
9	3,896	4,429	3,243	2,516	3,627	3,674
10	3,906	4,459	3,245	2,548	3,673	3,718
11	*3,889	*4,444	*3,235	*2,544	*3,684	*3,743
12	*3,855	*4,412	*3,207	*2,519	*3,670	*3,740
13	*3,814	*4,373	*3,171	*2,484	*3,640	*3,729
14	*3,773	*4,336	*3,140	*2,452	*3,612	*3,697
15	*3,742	*4,310	*3,123	*2,438	*3,598	*3,682
16	*3,733	*4,302	*3,129	*2,446	*3,610	*3,699
17	3,747	4,312	3,158	2,477	3,642	3,746
18	3,760	4,350	3,191	2,535	3,706	3,793
19	3,784	4,402	3,231	2,605	3,769	3,851
20	3,801	4,456	3,249	2,661	3,806	3,885
21	3,860	4,487	3,278	2,672	3,809	3,888
22	3,908	4,494	3,293	2,682	3,805	3,857
23	3,901	4,488	3,286	2,650	3,773	3,822

Mittlerer Barometerstand zu Halle bei 0° R, nach den Beobachtungen vom 1sten Januar 1827 bis 31sten Mai 1831.

Stunde	Julius	August	Septbr.	October	November	December
	330‴,+	330‴,+	330‴,+	330‴,+	330‴,+	330‴,+
0	3,724	3,239	4,048	5,596	4,768	4,578
1	3,663	3,148	3,964	5,593	4,701	4,499
2	3,612	3,090	3,882	5,509	4,671	4,472
3	3,568	3,036	3,816	5,443	4,672	4,485
4	3,524	2,986	3,781	5,403	4,676	4,518
5	3,519	2,953	3,778	5,416	4,707	4,549
6	3,535	2,964	3,787	5,480	4,758	4,599
7	3,576	3,021	3,864	5,505	4,794	4,626
8	3,654	3,109	3,927	5,546	4,817	4,649
9	3,729	3,144	3,956	5,576	4,841	4,663
10	3,794	3,181	3,990	5,589	4,845	4,665
11	*3,802	*3,178	*3,991	*5,570	*4,820	*4,637
12	*3,786	*3,157	*3,964	*5,537	*4,774	*4,584
13	*3,757	*3,126	*3,924	*4,501	*4,724	*4,531
14	*3,726	*3,096	*3,885	*5,477	*4,680	*4,481
15	*3,706	*3,080	*3,866	*5,477	*4,656	*4,445
16	*3,708	*3,086	*3,875	*5,505	*4,659	*4,432
17	3,729	3,115	3,909	5,563	4,689	4,440
18	3,746	3,187	3,958	5,634	4,701	4,480
19	3,787	3,237	3,022	5,693	4,738	4,532
20	3,810	3,289	4,083	5,756	4,787	4,581
21	3,809	3,314	4,137	5,808	4,836	4,643
22	3,799	3,316	4,127	5,825	4,880	4,705
23	3,761	3,291	4,096	5,787	4,845	4,670

Aus diesen Größen erhalten wir folgende Gleichungen:

Jan.: $B = 333''',8186 + 0''',0251 \sin(n . 15^{\circ} + 348^{\circ} 39')$
$+ 0''',0722 \sin(n . 30^{\circ} + 153^{\circ} 40')$
$+ 0''',0137 \sin(n . 45^{\circ} + 170^{\circ} 33')$
$\varepsilon''(B_n) = 0''',0100.$

Febr.: $B_n = 334''',3853 + 0''',0221 \sin(n . 15^{\circ} + 131^{\circ} 35')$
$+ 0''',0902 \sin(n . 30^{\circ} + 150^{\circ} 22')$
$+ 0''',0047 \sin(n . 45^{\circ} + 181^{\circ} 57')$
$\varepsilon''(B_n) = 0''',0039.$

März: $B_n = 333''',1931 + 0''',0256 \sin(n . 15^{\circ} + 145^{\circ} 48')$
$+ 0''',0792 \sin(n . 30^{\circ} + 157^{\circ} 30')$
$+ 0''',0077 \sin(n . 45^{\circ} + 77^{\circ} 55')$
$\varepsilon''(B_n) = 0''',0037.$

April: $B_n = 3$[illegible]$''',5119 + 0''',0840 \sin(n . 15^{\circ} + 147^{\circ} 52')$
$+ 0''',1025 \sin(n . 30^{\circ} + 150^{\circ} 18')$
$+ 0''',0083 \sin(n . 45^{\circ} + 341^{\circ} 40')$
$\varepsilon''(B_n) = 0''',0034.$

Mai: $B_n = 333''',6450 + 0''',1109 \sin(n . 15^{\circ} + 158^{\circ} 40')$
$+ 0''',0936 \sin(n . 30^{\circ} + 140^{\circ} 39')$
$+ 0''',0221 \sin(n . 45^{\circ} + 334^{\circ} 6')$
$\varepsilon''(B_n) = 0''',0034.$

Jun.: $B_n = 333''',6998 + 0''',1382 \sin(n . 15^{\circ} + 172^{\circ} 4')$
$+ 0''',0976 \sin(n . 30^{\circ} + 146^{\circ} 52')$
$+ 0''',0070 \sin(n . 45^{\circ} + 332^{\circ} 14')$
$\varepsilon''(B_n) = 0''',0059.$

Jul.: $B_n = 333''',7010 + 0''',1018 \sin(n . 15^{\circ} + 196^{\circ} 14')$
$+ 0''',0878 \sin(n . 30^{\circ} + 140^{\circ} 37')$
$+ 0''',0182 \sin(n . 45^{\circ} + 335^{\circ} 53')$
$\varepsilon''(B_n) = 0''',0038.$

Aug.: $B_n = 333''',1395 + 0''',0967 \sin(n . 15^{\circ} + 156^{\circ} 17')$
$+ 0''',1082 \sin(n . 30^{\circ} + 146^{\circ} 44')$
$+ 0''',0114 \sin(n . 45^{\circ} + 347^{\circ} 25')$
$\varepsilon''(B_n) = 0''',0056.$

Sept.: $B_n = 333''',9429 + 0''',0859 \sin(n.15^\circ + 152^\circ 48')$
$+ 0''',1182 \sin(n.30^\circ + 149^\circ 18')$
$+ 0''',0024 \sin(n.45^\circ + 26^\circ 10')$
$\varepsilon''(B_n) = 0''',0042.$

Oct.: $B_n = 335''',5787 + 0''',1162 \sin(n.15^\circ + 140^\circ 8')$
$+ 0''',1239 \sin(n.30^\circ + 162^\circ 20')$
$+ 0''',0118 \sin(n.45^\circ + 134^\circ 44')$
$\varepsilon''(B_n) = 0''',0054.$

Nov.: $B_n = 334''',7516 + 0''',0126 \sin(n.15^\circ + 3^\circ 34')$
$+ 0''',0944 \sin(n.30^\circ + 165^\circ 4')$
$+ 0''',0147 \sin(n.45^\circ + 168^\circ 40')$
$\varepsilon''(B_n) = 0''',0087.$

Dec.: $B_n = 334''',5610 + 0''',0373 \sin(n.15^\circ + 6^\circ 16')$
$+ 0''',1036 \sin(n.30 + 165^\circ 8')$
$+ 0''',0266 \sin(n.45^\circ + 188^\circ 40')$
$\varepsilon''(B_n) = 0''',0101.$

Diese Ausdrücke geben uns für die einzelnen Monate folgende Wendestunden (in Stunden und Decimaltheilen derselben)

	Minimum	Maximum	Minimum	Maximum
Januar	$3^h,23$	$9^h,40$	$16^h,80$	$22^h,17$
Februar	4,08	10,08	15,90	21,90
März	4,10	9,63	15,27	21,87
April	4,78	10,43	15,20	21,57
Mai	5,43	11,04	14,93	21,24
Junius	4,87	11,43	14,80	21,08
Julius	4,88	11,20	15,43	20,51
August	4,88	10,62	15,17	21,51
September	4,55	10,42	15,38	21,67
October	4,20	9,50	14,50	21,60
November	3,20	9,00	15,96	21,73
December	2,77	8,50	16,27	21,80

Wir sehen hieraus:

1) das Minimum am Abend tritt im Sommer mehr als eine Stunde später ein, als im Winter;

2) das Maximum am Abend tritt im Sommer zwei Stunden später ein, als im Winter;

3) das Minimum am Morgen tritt im Sommer früher ein, als im Winter;

4) das Maximum am Morgen tritt im Sommer anderthalb Stunden früher ein, als im Winter;

Fassen wir die Resultate aller vier Sätze zusammen, so folgt, daß jede Wendestunde im Sommer mehr als eine Stunde weiter von dem Mittage entfernt ist. Eine nähere Ansicht der Tafel läßt uns jedoch noch manche Anomalieen erkennen, welche nur durch länger fortgesetzte Beobachtungen ganz entfernt werden können. Entwickeln wir zur Verminderung der Anomalieen einen Ausdruck, welcher die Wendestunden als eine Function der Monate angiebt, so erhalten wir folgende Gleichungen für diese dem nten Monate entsprechende Momente (Jahr vom 1sten Januar an gerechnet):

Minimum am Abend:

$$H_n = 4^h,248 + 1^h,027 \sin\{(n+\tfrac{1}{2})\,30^\circ + 281^\circ\,44'\} + 0^h,279 \sin\{(n+\tfrac{1}{2})\,60^\circ + 283^\circ\,48'\}$$

$$\varepsilon''(H_n) = 0^h,142.$$

Maximum am Abend:

$$H_n = 10^h,104 + 1^h,166 \sin\{(n+\tfrac{1}{2})\,30^\circ + 282^\circ\,17'\} + 0^h,193 \sin\{(n+\tfrac{1}{2})\,60^\circ + 24^\circ\,18'\}$$

$$\varepsilon''(H_n) = 0^h,174.$$

Minimum am Morgen:

$$H_n = 15^h,551 + 0^h,681 \sin\{(n+\tfrac{1}{2})\,30^\circ + 98^\circ\,55'\} + 0^h,307 \sin\{(n+\tfrac{1}{2})\,60^\circ + 66^\circ\,29'\}$$

$$\varepsilon''(H_n) = 0^h,115.$$

Maximum am Morgen:

$$H_n = 21^h,554 + 0^h,490 \sin\{(n+\tfrac{1}{2})\,30^\circ + 82^\circ\,2'\} + 0^h,196 \sin\{(n+\tfrac{1}{2})\,60^\circ + 302^\circ\,6'\}$$

$$\varepsilon''(H_n) = 0^h,126.$$

Werden hiernach die Momente der Extreme in den einzelnen Monaten berechnet, so ergiebt sich folgende Tafel:

Monat	Minimum	Maximum	Minimum	Maximum
Januar	$3^h,13$	$9^h,22$	$16^h,48$	$21^h,95$
Februar	3,75	9,65	16,07	22,05
März	4,46	10,07	15,44	21,94
April	4,91	10,48	14,97	21,58
Mai	5,04	10,91	14,88	21,15
Junius	5,00	11,25	15,06	20,90
Julius	4,96	11,30	15,23	20,98
August	4,88	10,91	15,27	21,27
September	4,57	10,18	15,30	21,56
October	3,99	9,41	15,52	21,71
November	3,32	8,85	15,98	21,75
December	2,95	8,9[illegible]	16,41	21,85

Da diese Aenderung der Wendestunden im Laufe des Jahres von der Tageslänge abhängt, so scheint es wahrscheinlich, daß die Breite hierauf einigen Einfluß habe; aber auch für die Breite von Halle ($51\frac{1}{2}^\circ$) dürfen wir die gegebenen Größen nur als eine Annäherung an die Wahrheit ansehen, und fortgesetzte Beobachtungen dürften mehr oder minder abweichende Momente angeben, wie sowohl aus den verhältnißmäßig bedeutenden Fehlergränzen, als aus den Anomalieen hervorgeht. Mehrjährige Beobachtungen, welche der ehemalige Observator Winckler auf der hiesigen Sternwarte anstellte, lassen sich zu dieser Untersuchung nicht benutzen; die geringe Zahl der Beobachtungen am Tage und andere Gründe sind Ursache, daß ich darauf keine Rücksicht nehme. Es ist zu wünschen, daß Beobachter in andern Gegenden Messungen anstellen, um diesen Punkt genügend auszumitteln. Hällström hat leider diesen Umstand nicht berücksichtigt, was um so mehr zu bedauern ist, da sein auf der Bibliothek zu Abo deponirtes Journal wahrscheinlich bei dem Brande dieser Stadt verloren gegangen ist.

Die oben mitgetheilten Beobachtungen des Barometers zeigen in ihrem Gange eine so große Uebereinstimmung, die Hülfswinkel besonders der im zweiten Gliede eine so geringe Abweichung, daß es zur Uebersicht der Erscheinung am bequemsten ist, das arithmetische Mittel zu nehmen. Schließen wir München und Abo aus, so wird

$$B_n = B + 0''',1791 \sin(n \,.\, 15^\circ + 183^\circ\, 0') + 0''',3573 \sin(n \,.\, 30^\circ + 154^\circ\, 34')$$

wo B den mittlern Stand des Barometers bezeichnet. Setzen wir B = 337''',5, so giebt die obige Formel folgenden Stand des Barometers in den einzelnen Stunden:

Stunde	Barometer	Stunde	Barometer	Stunde	Barometer
0^h	337''',652	8	337''',563	16	337''',285
1	7,415	9	7,719	17	7,366
2	7,190	10	7,793	18	7,518
3	7,028	11	7,772	19	7,700
4	7,966	12	7,671	20	7,863
5	7,016	13	7,525	21	7,959
6	7,160	14	7,385	22	7,955
7	7,360	15	7,294	23	7,846

Es ist wahrscheinlich, daß die Beobachtungen an andern Orten Ausdrücke geben werden, welche dem obigen mehr oder minder ähnlich sind. Da die Hülfswinkel constant sind, so kommt es bei dieser ganzen Untersuchung nur auf die Coefficienten an, und auch diese zeigen unter einander eine einfache Relation. Es verhält sich nämlich sehr nahe 0''',1791 : 0''',3573 = 1 : 2, so daß wenn einer derselben bekannt ist, der zweite dadurch zugleich gegeben wird.

Es sind in dem obigen Ausdrucke also B und u' die einzigen unbekannten Größen, und haben wir also nur zwei Beobachtungen, von denen eine etwa zur Zeit des Maximums, die andere zur Zeit des Minimums angestellt wurde, so können wir daraus annähernd den Gang des Barometers am Beobachtungsorte herleiten. Nach den Beobachtungen von Flaugergues zu Viviers steigt das Barometer von 16^h bis 20^h um 0^{mm},524, sinkt von 21^h bis 3^h um 1^{mm},129 und steigt von da bis 8^h um 0^{mm},805 [8]). Zu keiner dieser Stunden giebt Flaugergues den mittlern Barometerstand an, da dieser jedoch bei unserem Phänomene zunächst gleichgültig ist, so wollen wir annehmen, die Höhe des Quecksilbers um 16^h sey 336''',000, dann erhalten wir nach Verwandlung der Millimeter in pariser Linien um 21^h 336''',232, um 3^h 335''',732 und um 8^h 336''',089, und wir finden nach Anbringung der Reductionen die folgenden vier Gleichungen:

16^h

8) Bibl. univ. XL, 282.

$$16^h: 336''',000 = B + u' \sin 63^\circ - 2u' \sin 85^\circ 26'$$
$$21^h: 336,232 = B + u' \sin 42^\circ + 2u' \sin 64^\circ 34'$$
$$3^h: 335,732 = B - u' \sin 48^\circ - 2u' \sin 64^\circ 34'$$
$$8^h: 336,089 = B - u' \sin 23^\circ + 2u' \sin 34^\circ 34'$$

daraus folgt $u' = 0,0933$
$B = 336,041$

Die Größe B giebt den mittlern Barometerstand an; nach viel- jährigen Beobachtungen von Flaugergues ist dieser 334''',893, und wir dürfen ihn daher statt des gegebenen Werthes von B nur in die obige Formel setzen.

Wollte man nicht annehmen, daß $u'' = 2u'$ sey, so könnte man in Viviers, wo die Zahl der Beobachtungen uns vier Bedingungsgleichungen giebt, noch u'' und den Hülfswinkel des ersten Gliedes berechnen, es scheint aber, als ob dadurch die Größe für den Umfang der Oscillationen wenig geändert werde.

Gehen wir von der Allgemeinheit des obigen Ausdruckes ab, so läßt sich das Phänomen noch an andern Orten bestimmen, wo nur wenige Messungen am Tage angestellt sind. Ich will einige dieser Beobachtungen mittheilen:

In Clermont (45° 47′ N) ist der Barometerstand nach $7\frac{1}{2}$jährigen Beobachtungen von Ramond [9]) um 0^h M $= 727^{mm},92$ bei 12°,5, um 3^h M $- 0^{mm},56$, um 9^h M $+ 0^{mm},33$, um 21^h M $+ 0^{mm},38$.

In Paris (48° 50′ N) ist der auf 0° reducirte Barometerstand nach 11jährigen Beobachtungen (1816 — 1826) von Bouvard [10]) um 3^h 335''',324, um 9^h 335''',447, um 16^h 335''',450, um 21^h 335''',645. Da jedoch um 9^h nicht immer pünktlich beobachtet wurde, es auch gegen alle Analogie ist, daß der Barometerstand nahe zur Zeit des Maximums am Abend etwas niedriger stehe, als zur Zeit des Minimums am Morgen, so ist es am sichersten, die Messung um 9^h ganz unberücksichtigt zu lassen.

In Heidelberg (49° 25′ N) fand Muncke [11]) den Barometerstand um 19^h M $+ 0''',074$, um 21^h M $+ 0''',127$,

9) Mém. de l'Inst. 1812. p. 48.
10) Mém. de l'Acad. VII, 313.
11) Gehler's Wörterb. N. A. I, 926.

um 3^h M + 0''',200, um 10^h M + 0''',104, und um 11 M + 0''',077, wo M den mittlern Barometerstand bezeichnet.

In Gotha (50° 56′ N) fand v. Hoff im J. 1829 folgende auf 0° reducirte Barometerstände [12]): 18^h 733^{mm},366, 20^h 733^{mm},695, 2^h 733,369 und 8^h $733,^{mm}352$.

In Königsberg (54° 42′ N) ist der auf 10° reducirte Barometerstand nach 8jährigen Beobachtungen (1815—1822) von Sommer [13]) um 20^h,5 337''',351, um 2^h,5 337''',264, um 10^h 337''',350.

In Christiania (59° 55′ N) sinkt das Barometer nach dreijährigen Beobachtungen Hansteen's [14]) von $18\frac{1}{2}^h$ bis 2^h,9 um 0^{mm},552 und steigt von da bis 11^h um 0^{mm},362.

Den Unterschied zwischen dem Maximum am Morgen und Minimum am Abend an verschiedenen Orten theilt Bouvard, zum Theil nach handschriftlichen Mittheilungen der Beobachter mit [15]).

Untersuchen wir die Bewegung des Quecksilbers an den einzelnen Orte genauer, so zeigen die Orte zwischen den Wendekreisen im Allgemeineu, daß es beim Maximum am Morgen höher stehe, als beim Maximum am Abend, jedoch sind die Messungen an keinem Orte hinreichend lange fortgesetzt, um die etwa vorhandenen Anomalieen zu entfernen. Aus dreijährigen Beobachtungen zu Clermont folgerte Ramond, daß der höchste Stand am Morgen und Abend gleich sey [16]), und eben dieses zeigen seine $7\frac{1}{2}$jährigen vorher mitgetheilten Messungen. Dagegen zeigen Chiminello's Messungen, so wie meine eigenen, daß das Barometer am Abend etwas niedriger stehe, als am Morgen, daß es beim Minimum in der Nacht höher stehe, als beim Minimum am Abend, und eben dieses leitet Bouvard aus den Messungen an mehreren Orten her [17]). In höhern Breiten scheinen jedoch die Jahreszeiten hier

12) Kastner's Archiv XIX, 169.
13) Bessel in Schumacher astron. Nachr. II, 25.
14) Schweigger Jahrb. N. R. XVII, 174.
15) Bibl. univ. XLI, 28. Daraus in Schweigger's Jahrb. N. R. XXIX, 153.
16) Mém. de l'Inst. 1808. p. 106.
17) Bibl. univ. XLI, 280. und Schweigger's Jahrb. N. R. XXIX, 140.

auf einigen Einfluß zu haben, wie dieses zuerst Hällström für Abo nachgewiesen hat [18]), was auch meine Beobachtungen in Halle bestätigen. Während nämlich im Sommer das Maximum am Abend in der Regel geringer ist, als das am Morgen, findet im Winter häufig das Gegentheil Statt. Ich habe jedoch eben so wie Hällström im Sommer mehrere Ausnahmen von diesem Gesetze gefunden, und es sind lange fortgesetzte Beobachtungen an verschiedenen Orten erforderlich, um diesen Punkt genügend auszumachen.

Um die Größe der Oscillationen in verschiedenen Breiten zu bestimmen, haben die meisten Physiker die Differenz zwischen dem Maximum am Morgen und dem Minimum am Abend genommen; Hällström nimmt den Unterschied zwischen dem größten Maximum und dem kleinsten Minimum. Da jedoch bisher die Beobachtungen an keinem Orte hinreichend lange fortgesetzt sind, um das gegenseitige Verhalten beider Extreme auszumachen, so habe ich es für zweckmäßig erachtet, den Unterschied zwischen dem Mittel beider Maxima und beider Minima der Vergleichung zu Grunde zu legen.

In höhern Breiten zeigt die Größe der Oscillationen eine Abhängigkeit von den Jahreszeiten. Nehmen wir in Clermont das Mittel aus dem Maximum am Morgen und am Abend, subtrahiren davon das Minimum um 3 Uhr, so erhalten wir folgende Größen:

Winter	0''',328
Frühling	0,476
Sommer	0,428
Herbst	0,399

Die Wanderungen des Quecksilbers sind also im Frühlinge größer als zu einer andern Jahreszeit, jedoch fügt Ramond hinzu, daß 7jährige Beobachtungen noch nicht genügen, diesen Punkt auszumitteln [19]). Nach Chiminello's Untersuchungen erreicht in Padua der Unterschied zwischen den Extremen das Minimum im Herbste, das Maximum im Sommer, es ist dasselbe nämlich

18) Poggendorff's Ann. VIII, 448.

19) Mém. de l'Inst. 1812. p. 48.

Winter	0‴,219
Frühling	0,245
Sommer	0,255
Herbst	0,179

Aus den von Marqué-Victor zu Toulouse angestellten Messungen folgert Bouvard, daß die Oscillationen am Tage im Winter weit kleiner seyen, als im Sommer, während die in der Nacht im ganzen Jahre fast unverändert bleiben [20]).

Die Resultate meiner $4\frac{1}{2}$jährigen Beobachtungen zu Halle enthält folgende Tafel:

Monat	22 Uhr bis 4 Uhr	4 Uhr bis 10 Uhr	10 Uhr bis 16 Uhr	16 Uhr bis 22 Uhr	Nacht-Oscill.	Tag-Oscill.	Mittlere Oscill.
Januar	0‴,132	0‴,141	0‴,174	0‴,165	0‴,169	0‴,137	0‴,153
Februar	0‴,211	0,158	0,150	0,203	0,176	0,185	0,205
März	0‴,197	0,156	0,124	0,165	0,144	0,177	0,161
April	0,322	0,189	0,118	0,251	0,185	0,256	0,220
Mai	0,355	0,232	0,091	0,214	0,152	0,293	0,223
Junius	0,407	0,258	0,047	0,196	0,122	0,333	0,227
Julius	0,303	0,293	0,100	0,110	0,105	0,298	0,202
August	0,357	0,228	0,114	0,243	0,173	0,293	0,235
September	0,362	0,223	0,129	0,268	0,198	0,293	0,245
October	0,413	0,175	0,175	0,102	0,138	0,294	0,257
November	0,195	0,200	0,177	0,182	0,179	0,197	0,188
December	0,200	0,195	0,247	0,252	0,249	0,197	0,224

Die Größen, um welche das Barometer beim Maximum am Morgen oder Abend höher steht, als beim Minimum am Abend, sind also im Winter weit kleiner als im Sommer. Bezeichnen wir das Mittel dieser beiden Differenzen mit dem Namen Oscillation am Tage, so sehen wir, daß diese sechs Monate hindurch fast constant ist, während die Nachtoscillation, d. h. der mittlere Unterschied zwischen den Barometerständen, um 16 Uhr und 22 Uhr im Winter etwas größer zu seyn scheint, als im Sommer. Nehmen wir das Mittel beider Oscillationen, so finden wir

Winter	0‴,194
Frühling	0,201
Sommer	0,221
Herbst	0,230

Das Maximum tritt also im Herbste ein. Da nun die Messungen zu Clermont, Padua, Toulouse und Halle in dieser Hin-

20) Bibl. univ. XLI, 280. und Schweigger's Jahrb. N. R. XXIX, 140.

sehr verschiedenen Resultaten führen, so ist dieses ein hin-
der Beweis, daß wir noch weit von der Kenntniß der Gesetze
Erscheinung entfernt sind.

Stellen wir nun den mittlern Unterschied der Extreme in
denen Breiten zusammen, so erhalten wir folgende Tafel:

Orte	Breite	Beobachtet	Berechnet	Unterschied
aneiro	22° 54′ S	0‴,754	0‴,702	— 0‴,052
	17. 29	0,729	0,763	+ 0,034
Ocean	16. 0	0,688	0,777	+ 0,089
	12. 3	0,814	0,810	— 0,004
	12. 3	1,202	0,810	— 0,392
	5. 6 S	0,921	0,846	— 0,075
Ocean	0	0,756	0,854	+ 0,098
an	2. 26 N	0,850	0,852	+ 0,002
	4. 28	0,851	0,848	— 0,003
é de Bogota	4. 36	0,889	0,847	— 0,041
Leone	8. 30	0,685	0,832	+ 0,147
a	10. 28	0,789	0,821	+ 0,032
s	10. 31	0,960	0,820	— 0,140
yra	10. 36	0,839	0,820	— 0,019
s	13. 4	0,625	0,802	+ 0,177
roog	14. 11	0,733	0,793	+ 0,060
Ocean	18. 0 N	0,641	0,758	+ 0,147
	19. 26	0,704	0,743	+ 0,039
a	22. 35	0,815	0,706	— 0,109
	30. 2	0,683	0,603	— 0,080
	44. 29	0,372	0,361	— 0,011
	45. 24	0,214	0,345	+ 0,031
nt	45. 47	0,346	0,339	— 0,007
en	48. 8	0,213	0,298	+ 0,085
	48. 50	0,242	0,285	+ 0,043
erg	49. 25	0,288	0,275	— 0,013
	50. 56	0,199	0,249	+ 0,050
	51. 29	0,212	0,240	+ 0,028
erg	54. 42	0,084	0,186	+ 0,102
nia	59. 55	0,230	0,103	— 0,127
	60. 27	0,113	0,095	— 0,018

Ist hier im Allgemeinen der weit geringere Umfang dieser Oscillationen in höhern Breiten nicht zu verkennen, so zeigt uns die Tafel doch noch manche Anomalieen, die ihren Grund besonders darin haben, daß die Messungen nur an wenig Orten hinreichend lange und umfassend angestellt sind, um den Einfluß zufälliger Unregelmäßigkeiten ganz aufzuheben. Um das Gesetz der Erscheinung zu übersehen, will ich annehmen, es würde die mittlere Größe der Oscillationen Δ_φ in der Breite φ durch einen ähnlichen Ausdruck dargestellt, als wir bei der Betrachtung der mittlern Temperaturen anwendeten, es sey also

$$\Delta_\varphi = \Delta + a \cos^2\varphi.$$

Ich will dabei voraussetzen, daß die Größe der Oscillationen bei einerlei Breite in der südlichen und nördlichen Halbkugel gleich sey, so erhalten wir die Gleichung

$$\Delta = -0''',1491 + 1''',0028 \cos^2\varphi.$$

Früher habe ich den Ausdruck [21])

$$\Delta_\varphi = -0''',3580 + 0''',9431 \cos(\varphi + 4^\circ\ 55') + 0''',2601 \cos^2\varphi$$

gegeben, wo die Breitengrade in der nördlichen Halbkugel, vom Aequator an gerechnet, positiv sind. Einen ähnlichen Ausdruck hat Hällström gegeben [22]). Ist nämlich ς der Unterschied zwischen dem größern Maximum und dem kleinern Minimum, so wird in Millimetern

$$\varsigma = 0,3931 - 2,3536 \cos\varphi + 4,5687 \cos^2\varphi.$$

Drückt die gegebene Gleichung auch die Beobachtungen mit leidlicher Genauigkeit aus, so dürfen wir sie doch wahrscheinlich nicht bedeutend über die Gränzen ausdehnen, innerhalb welcher die Messungen angestellt sind, ja es ist die Frage, ob die Erscheinungen an allen diesen Orten sich durch eine so einfache Gleichung verbinden lassen. Wir haben schon früher gesehen, welchen Gegensatz die Temperaturen in Continental- und Küstengegenden darbieten, wir werden in der Folge sehen, daß die unregelmäßigen

21) Schweigger Jahrb. N. R. XXIX, 157.

22) Poggendorff's Ann. XI, 270.

Barometerschwankungen eine ähnliche Abhängigkeit von der Länge zeigen, und es wäre wohl möglich, daß es sich hier eben so verhielte, doch fehlt es bisher noch ganz an genügenden Beobachtungen, um diesen Punkt nur einigermaßen auszumitteln. Sodann ist hiebei die Höhe der Orte über dem Meere noch nicht berücksichtigt. Das Minimum am Abend tritt zur Zeit der größten Tageswärme ein, die ganze Atmosphäre wird ausgedehnt und gehoben, und über höher liegenden Orten ruht daher eine verhältnißmäßig größere Luftmasse als um 22^h und 10^h, das Barometer sinkt beim Minimum am Abend nicht so tief unter die beiden Maxima als am Niveau des Meeres. Je höher wir uns in die Atmosphäre erheben, desto geringer werden die Oscillationen, und es kommt endlich ein Punkt, wo diese Einwirkung der Wärme gleich der Oscillation ist, so daß hier die Wanderung des Quecksilbers am Tage ganz verschwindet; in größerer Höhe steht dann das Quecksilber am Nachmittage schon höher als am Morgen. In der Breite von 45° ist die Höhe, in welcher die Oscillationen verschwinden, kleiner als 1250 Toisen; denn auf dem St. Bernhard steigt das Barometer nach Beobachtungen in 53 Monaten von 21^h bis 3^h um 0''',017 [23]). Humboldt glaubt, daß die Meereshöhe zwischen den Wendekreisen keinen Einfluß auf dieses Phänomen habe, daß dadurch wenigstens die Wendestunden nicht verrückt würden [24]), während Bouvard aus Humboldt's Messungen in Quito, Antisana und denen von Caldas zu Santa Fé de Bogota folgert, daß auch in niedern Breiten derselbe Einfluß der Höhe auf die Verminderung der Oscillationen zu erkennen sey [25]). Aber die Messungen zu Quito und Antisana sind nur wenige Tage hindurch angestellt und dabei so anomal, daß es kaum erlaubt ist, daraus ein Gesetz abzuleiten. Erst durch länger fortgesetzte Messungen wird es möglich werden, diese Abhängigkeit der Oscillationen von der Meereshöhe in verschiedenen Breiten zu bestimmen.

Was die Ursache dieser täglichen Oscillationen betrifft, so haben mehrere sie eben so wie Ebbe und Fluth des Meeres aus

23) Bibl. univ. XLI, 281.

24) Humboldt Reise V, 693. Voyage X, 464.

25) Bibl. univ. XLI, 282.

einer Anziehung der Atmosphäre durch Sonne und Mond hergeleitet, eine Erklärung, welche schon dadurch wenig wahrscheinlich wird, daß zwischen den Wendekreisen die Wendestunden eine so geringe Abhängigkeit von der Zeit der Culmination des Mondes zeigen. Ich übergehe daher diese Hypothese hier gänzlich, um in der Folge bei Betrachtung des Einflusses des Mondes auf die Atmosphäre darauf zurückzukommen. Wahrscheinlicher ist es, daß dieses Phänomen von der Wärme der Sonne abhängt, wie dieses schon Bouguer vermuthete und wie es auch la Place für wahrscheinlich hielt, der jedoch hinzufügt, eine vollständige Lösung des Problems sey so schwierig, daß die Analyse sie nicht geben könne [26]), und eben dieses bemerkt Schmidt [27]). Ohne eine nähere Berechnung des Phänomenes zu geben, hat Ramond eine Erklärung mitgetheilt, welche nur die Hauptumstände bei diesem Vorgange zu umfassen scheint [28]). Während sich nämlich die Sonne in unserm Meridiane befindet, erwärmt sie den Theil der Erde, welcher zwischen dem Orte ihres Auf- und Unterganges in diesem Momente liegt. Wir wollen annehmen, diese Erwärmung zeige sich vorzugsweise nur zwischen den Meridianen, in welchen es 21^h und 3^h ist, wenn die Sonne bei uns culminirt. Indem die Luft durch diese Erwärmung ausgedehnt wird, erhält die Atmosphäre in dem erwähnten Raume eine größere Höhe als in den benachbarten Gegenden, ein Theil der Luft fließt ab, das Barometer sinkt, es steigt dagegen durch den Druck der hinzugekommenen Luftmassen in den Räumen zwischen den Meridianen von 3^h und 9^h, so wie in denen zwischen 3^h und 21^h; in dem einen dieser Räume ist die Luft noch von der Nacht her kalt, die Atmosphäre hat eine geringere Höhe und es kann ein Theil ab- und zufließen; in der zweiten Gegend erkaltet die Luft, nachdem die Zeit der größten täglichen Wärme vorüber ist. So verbreitet sich diese Bewegung nach und nach aus einer Gegend in die benachbarte und wird dadurch dem Theile mitgetheilt, welcher, von unserm Meridiane aus gerechnet, zwischen den Nachtkreisen liegt. Das Barometer sinkt daher von 9^h bis 16^h, weil die Atmosphäre

26) Bouvard in Bibl. univ. XLI, 284.
27) Schmidt mathem. u. phys. Geogr. II, 328. §. 210.
28) Mém. de l'Institut 1808. p. 108.

durch Verminderung der Kälte während der Nacht an Dichtigkeit, durch den Antheil, welcher ihre obern Schichten den beiden benachbarten Regionen gegeben haben, aber an Höhe verloren hat.

Wenn sich nach dieser Hypothese auch die beiden Maxima und das Minimum am Tage erklären läßt, so scheint es auf den ersten Anblick schwierig, daraus das Minimum am Morgen abzuleiten. Aber zur Zeit wo dieses erfolgt tritt östlich von dem Orte das Minimum der Temperatur ein, die Atmosphäre hat dann die geringste Höhe, und nothwendig fließt dahin ein Theil der Luftmasse aus den westlicher gelegenen Gegenden, wodurch hier das Barometer sinkt.

So sehr auch die Einwirkung der Wärme auf die Barometer schon durch eine Menge von Erfahrungen bestätigt wird, so haben doch mehrere Physiker dieselbe gänzlich geläugnet, wie dieses namentlich der jüngere Parrot thut, welcher die regelmäßigen Oscillationen vorzugsweise aus der Anziehung der Sonne ableitet und die Berücksichtigung der Temperatur nicht einmal beim Höhenmessen mit dem Barometer für nöthig hält [29]).

Auf eine etwas abweichende Art benutzt Daniell die Einwirkung der Wärme zur Erklärung der regelmäßigen Oscillationen [30]). Während wir uns die Temperaturdifferenzen in demselben Parallelkreise aber in verschiedenen Meridianen als vorzüglich wirksam vorstellten, berücksichtigt Daniell die ungleiche Geschwindigkeit des obern und untern Passates zu verschiedenen Tageszeiten. So lange nämlich beide Ströme unverändert dieselbe Geschwindigkeit haben, wird ein Barometer allenthalben von der darüber stehenden Luftsäule einerlei Druck erleiden, da in den obern Regionen eben so viel Luft abfließt, als in den untern zufließt. So wie aber diese Geschwindigkeiten durch ungleiche Temperaturänderungen beider Ströme modificirt werden, so entstehen locale Ausdehnungen der Luft, und diese bewirken eine ungleiche Vertheilung der ponderablen Materie. Wird z. B. die untere

---

29) Naturwissenschaftliche Abhandlungen aus Dorpat I, 336.

30) Daniell Meteor. Ess. p. 251 und Schweigger's Jahrb. N. R. XV, 162.

Schicht eines verticalen Durchschnittes stärker erwärmt, als die obere, dann wird der obere Strom beschleunigt, das Gewicht der Luft dadurch vermindert. Nun können wir die Aenderungen von Wärme und Kälte während des Tages im Allgemeinen als von gleichem Einflusse auf beide Ströme ansehen, da die erwärmten Luftschichten aufsteigen und den obern einen Theil ihrer höhern Temperatur mittheilen; stets aber ist dazu einige Zeit erforderlich, das Barometer wird also durch sein Sinken die Größe dieser Ungleichheit angeben. Eben so wirkt die Erkaltung der Atmosphäre früher auf die untern Schichten als auf die obern, und das Barometer wird in diesem Falle steigen. Untersuchen wir nun diesen Umstand genauer, so haben wir am Aequator nur die Unregelmäßigkeit der lateralen Ausdehnung oder Zusammenziehung zu betrachten, das Barometer fällt, so wie die Erde erwärmt wird; dieser Stoß, welchen die ankommenden Ströme erleiden, muß sich bis zu den Polen erstrecken, und da die Geschwindigkeit der Luftmassen in den untern Regionen vermindert wird, ohne daß in den obern eine Ausgleichung vorhanden ist, so hat das Barometer in allen Breiten zwischen dem Aequator und den Polen ein Streben zum Steigen. Das Bestreben des Quecksilbers zum Sinken wird also desto geringer, je weiter wir uns vom Aequator entfernen; endlich kommt ein Punkt, wo beide Ursachen mit gleicher Intensität wirken, das Barometer bleibt hier in Ruhe; gehen wir noch näher zum Pole, so steigt hier das Barometer zu derselben Zeit, wo es am Aequator sinkt, und umgekehrt.

Bald nachdem diese Hypothese Daniell's bekannt geworden war, bemerkte ich, daß dieselbe wenig wahrscheinlich sey [31]), und eben so meint Humboldt, daß die Existenz dieser Strömungen sehr schwer zu beweisen seyn möchte [32]). Um zu zeigen, daß seine Hypothese über den Gegensatz der Oscillationen in höhern und niedern Breiten richtig sey, stützt sich Daniell auf Messungen, welche Parry vom März bis August 1819 auf Melville's Insel anstellte. Darnach war der Stand des Barometers

---

31) Schweigger's Jahrb. N. R. XV, 169.

32) Humboldt Voyage X, 464, und Reise V, 694 Anm.

um 16^h: 29'',8666 englisch
20: 29,8683
0: 29,8631
4: 29,8661
8: 39,8708
12: 29,8696

Hier aber zeigt sich nur eine einzige Ausnahme von der gewöhnlichen Regel, indem das Barometer von 0^h bis 4^h steigt. Hällström, welcher diese Beobachtungen genauer untersucht hat, findet folgende Wendestunden [33]):

Minimum	1^h 19'
Maximum	8. 47
Minimum	15. 10
Maximum	18. 43

Hier zeigen nur die beiden Maxima bedeutende Anomalieen, jedoch auch so läßt sich bei der geringen Größe der Oscillationen nichts Bestimmtes über diesen Gegenstand folgern, da die Zeit der Beobachtungen sehr kurz ist, und Daniell, welcher diese Resultate mittheilt, nicht einmal sagt, ob die Messungen nach englischer Weise unreducirt sind, oder nicht [34]). Den Aufzeichnungen zufolge, welche Parry auf seiner zweiten Reise im Hafen Bowen anstellte, und bei welchen auf alle erforderliche Correctionen Rücksicht genommen wurde, war die Größe dieser Oscillationen sehr unbedeutend; es schien aber daraus die Existenz des von Daniell bemerkten Gegensatzes zu folgen [35]).

Der Ausdruck, welchen wir für die Abhängigkeit dieser Oscillationen von der Polhöhe entwickelt haben, scheint ebenfalls auf diese Umkehrung zu deuten. Wir haben nämlich die Größe, um welche das Barometer von 10^h und 22^h im Mittel bis 16^h und 4^h sinkt, als positiv angesehen; finden wir nun, daß diese Größe

33) Poggendorff's Ann. VIII, 445.

34) Im Vaterlande Newton's versteht man noch keine Barometerbeobachtungen zu machen; erst in den letzten Jahren haben einige Beobachter angefangen, ihre Messungen auf eine constante Temperatur zu reduciren.

35) Parry zweite Reise S. 55.

negativ wird, so folgt, daß die Bewegung des Quecksilbers die entgegengesetzte von der in niedern Breiten sey. Schon Hällström machte darauf aufmerksam, daß die von ihm entwickelte Formel eine solche Umkehrung zeige, aber es war die Größe der Oscillation am Pole kaum größer als der wahrscheinliche Fehler seines Ausdruckes, das Resultat also sehr verdächtig [36]). Der von mir früher mitgetheilte Ausdruck gab für den Aequator die mittlere Oscillation + 0''',842, für den Pol — 0''',277, also in der Breite von etwa 70° die Wanderungen des Quecksilbers verschwindend und späterhin umgekehrt [37]). Der oben gegebene Ausdruck, in welchem diese Oscillation eine Function vom Quadrat des Cosinus der Breite sind, giebt für den mittlern Unterschied der Extreme folgende Größen:

Breite	Unterschied
0	0''',854
10	0,823
20	0,736
30	0,603
40	0,439
50	0,265
60	0,102
70	—0,032
80	—0,119
90	—0,149

Da aber unsere Messungen sich kaum bis zu einer Breite von 60° erstrecken und sich in diesem Raume noch viele Anomalieen zeigen, so läßt sich über den vorliegenden Gegenstand um so weniger etwas entscheiden, da alle mitgetheilten Größen noch einen constanten Fehler enthalten. Auf das Quecksilber des Barometers drückt zugleich trockene Luft und Wasserdampf; letzterer zeigt eine bestimmte von der Temperatur abhängige Oscillation, regelmäßig erfolgen am Tage Condensationen und Auflösungen und dadurch wird der Druck der trocknen Luft abgeändert. Sollen also die

36) Poggendorff's Annalen VIII, 449.

37) Schweigger Jahrb. N. R. XXIX, 163.

großen Oscillationen des Luftoceanes gemessen werden, so wäre eine Correction wegen des Dampfes nöthig, dazu aber fehlt es noch ganz an Messungen.

Zu einer Zeit, wo das ganze Phänomen kaum bekannt war (im J. 1746), folgerte bereits d'Alembert aus seinen Untersuchungen über die Ursache der Winde, daß eine solche Oscillation vorhanden seyn müßte [38]). Die ganze Hypothese, nach welcher die Winde blos von der Anziehung der Sonne herrühren, scheint wenig wahrscheinlich; d'Alembert folgert jedoch ebenfalls, daß in höhern Breiten die Oscillationen denen in niedern entgegengesetzt seyn müßten.

Neuerdings hat Bouvard die Oscillationen aus der Wärme hergeleitet und ist ebenfalls zu dem Resultate gekommen, daß die Behauptung Daniell's über den Gegensatz der Oscillationen in verschiedenen Breiten richtig sey. Nach mehreren fruchtlosen Versuchen, das allgemeine Gesetz für die Aenderung des Barometers von 21^h bis 3^h zu bestimmen, fand er, daß die Schwankungen sehr nahe proportional wären mit der mittlern Temperatur der Zeit, während welcher das Barometer im Sinken begriffen wäre. Daraus leitete er zuerst den Unterschied der Bewegungen am Tage und in der Nacht her; da in letzterer das Thermometer ruhiger steht, als am Tage, so ändert sich das Barometer nicht so bedeutend. Die mittlern Temperaturen der Zeiten, während welcher das Barometer in der Nacht und am Tage sinkt, verhielten sich in Paris nahe eben so, wie die Größen, um welche sich der Druck der Atmosphäre änderte. Die Größe der Oscillationen in verschiedenen Breiten wird seiner Meinung zufolge durch den Ausdruck

$$m = m' \frac{t}{t'} \cos^2\varphi$$

ausgedrückt, wo φ die Breite, m die ihr entsprechende Aenderung des Barometers von 21^h bis 3^h, t die mittlere Temperatur dieser Zeit in der Breite φ, t' die am Aequator (nach ihm 30°) bezeichnet [39]). Nach dieser Formel wäre also die Oscillation da gleich Null, wo die Temperatur dieser Zeit die des Gefrierpunktes

38) d'Alembert sur la cause générale du vent p. 120.

39) Bibl. univ. XLI, 284.

Fall, so würde mit der Zeit die Atmosphäre den ganzen Himmelsraum ausfüllen, und wir müßten annehmen, daß die Bestandtheile der Luft durch den ganzen Weltraum verbreitet wären, aus denen sich dann die einzelnen Himmelskörper die ihrer Dichtigkeit und Massen zugehörigen Atmosphäre bildeten [43]). Bleiben wir bei der Sonne stehen, so läßt sich leicht berechnen, in welcher scheinbaren Entfernung von ihr die anziehende Kraft der Schwerkraft an unserer Erdoberfläche gleich wird, dies aber ist der Ort, wo ihre Anziehung eben hinreichen würde, ein unendlich theilbares Mittel, das durch die Himmelsräume zerstreut wäre, zu einer Atmosphäre zu verdichten, welche der unsrigen an Dichtigkeit wenigstens gleich wäre; Lichtstrahlen, welche in dieser Gegend schief durch die Atmosphäre der Sonne gingen, müßten eine Brechung erleiden, welche das Doppelte der Horizontalrefraction an der Erdoberfläche betrüge, also die Größe von 1° überstiege. Da die Masse der Sonne etwa 330000 Mal größer ist, als die der Erde, so ist ihre anziehende Kraft in $\sqrt{330000}$ oder etwa 575 Erdhalbmessern Abstand von ihrem Mittelpunkte eben so groß als die der Erde an ihrer Oberfläche, und da der Halbmesser der Sonne etwa 111,5 Mal größer ist, als der der Erde, so beträgt dieser Abstand vom Mittelpunkte 5,15 Sonnenhalbmesser. Nehmen wir also an, der scheinbare Halbmesser der Sonne sey 15′ 49″, so beträgt der scheinbare Abstand dieser Stelle 1° 21′ 29″.

Lichtstrahlen, welche in dieser Entfernung von der Sonne vorbeigingen, müßten also eine Brechung von einem Grade erleiden, noch mehr betrüge die Ablenkung in größerer Nähe bei der Sonne. Bei der Conjunction der Venus mit der Sonne im Mai 1821 stellten Pond, Brinkley, Kater, South und Wollaston anhaltend Beobachtungen an, um Spuren einer solchen Refraction zu finden, aber letzterer konnte weder in diesen Messungen, noch bei denen, welche Vidal im Jahre 1805 bei der Venus und dem Mercur gemacht hatte, etwas dieser Art auffinden, und es wird hiernach sehr wahrscheinlich, daß die aus Luft bestehende Atmosphäre der Erde eigenthümlich, ihre Höhe also kleiner als die aus Laplace's Betrachtungen folgende Größe sey.

Es

43) Wollaston in Gilbert's Annalen LXXII, 42.

Es haben sich noch mehrere Astronomen und Physiker damit beschäftigt, die Höhe der Atmosphäre genau zu berechnen. Zach findet eine Höhe von 30000 Toisen[44]), Biot[45]) 27186 Toisen; aber wie J. C. E. Schmidt mit Recht bemerkt[46]), so hätten beide auch eben so gut jede andere Größe finden können, da sie die Höhe der Atmosphäre von einer willkürlich angenommenen beliebigen Dichtigkeit an der Gränze abhängen lassen. Auf eine andere Art hat G. G. Schmidt die Untersuchungen angestellt[47]). Er nimmt die Gränze da an, wo die specifische Elasticität der Luft mit der Schwere ins Gleichgewicht kommt. Es sey h die Höhe einer Atmosphäre, deren Dichtigkeit und Temperatur gleichförmig sey, und welche an dem Niveau des Meeres denselben Druck ausübt, als die wirklich existirende. Die Spannung, welche diesem Drucke entspricht, wird die Luft nach dem darüber liegenden leeren Raume so beschleunigen, daß in dem Zeitelemente dt die Geschwindigkeit $2\sqrt{gh}\,.\,dt$ erzeugt würde; die Geschwindigkeit, welche durch die Schwere in eben dieser Zeit hervorgebracht wird, ist 2gdt. Um hieraus die Höhe der Atmosphäre herzuleiten, handelt es sich nur darum, die Wärmeabnahme zu bestimmen. Schmidt nimmt deshalb an, daß die Wärmeabnahme sich verhalte wie die jedesmaligen Temperaturen oder Spannkräfte; dieses ist bei 0 und 80° R. sehr nahe 213 : 213 + 80 oder allgemein $c+t : c+x = E : e$. Ist dz das Differential der Höhe, — dx das zugehörige Differential der Wärmeabnahme, so ist $-\frac{dx}{c+x} = \frac{dz}{a}$, und wenn diese Gleichung so integrirt wird, daß sie für $c+t$ verschwindet, so wird

$$z = a \log . \text{nat.} \frac{c+t}{c+x}.$$

Aus den vorhandenen Beobachtungen über die Wärmeabnahme findet Schmidt $a = 64493$ Toisen. Bezeichnet man nun die Verhältnisse des Druckes der Luft zu ihrer Dichtigkeit oder die specifischen Elasticitäten derselben am Niveau des Meeres und

44) Monatl. Corresp. XXI, 215.
45) Astron. phys. III, 26.
46) Mathem. u. phys. Geogr. II, 257. §. 152.
47) Gilbert's Ann. LXII, 310.

an der Gränze der Atmosphäre mit E und e, und setzt letztere Größe der Schwere gleich, so verhält sich $E : e = \sqrt{h} : \sqrt{g}$ oder $c + t : c + x = \sqrt{h} : \sqrt{g}$, also Höhe der Atmosphäre

$$x = a \log \sqrt{\frac{h}{g}}.$$

Setzen wir hier den Werth für a, ferner den Barometerstand am Niveau des Meeres 337''',3, so wird für eine Temperatur von 22°,4 R. die Höhe der Atmosphäre am Aequator 104975' oder 27,5 Meilen, unter den Polen für 0° Temperatur 103518' oder 27,1 Meilen.

Auf einem andern Wege ist J. E. E. Schmidt zu dem Resultate gekommen, daß die Höhe unter dem Aequator 29167, unter den Polen 22018 Toisen betrage, und daß die Abplattung des atmosphärischen Sphäroids $\frac{1}{177}$ sey. Ich verweise jedoch wegen der Gründe dieser Untersuchung auf die Arbeit selbst [48]).

Eben so wenig als wir die Höhe der Atmosphäre kennen, ist uns der mittlere Barometerstand am Niveau des Meeres in verschiedenen Breiten bekannt; weder Theorie noch Erfahrung lehrt uns etwas über die Abhängigkeit dieses Phänomenes von der Polhöhe. Versuchen wir es, hierüber etwas durch theoretische Betrachtungen auszumitteln, so wird die Lösung des Problems bei Berücksichtigung der Centrifugalkraft und Temperatur sehr schwierig. Die bisherigen Beobachtungen aber reichen nicht aus, um diesen Punkt auszumitteln, da in höhern Breiten eine mehrjährige Reihe von Messungen erforderlich ist, um den mittlern Barometerstand mit Genauigkeit zu erhalten. In Frankreich ist die Zahl der am Meere wohnenden Beobachter sehr klein, und wenn auch in England eine Reihe von Messungen am Meere und in geringer durch geometrische Messungen gefundenen Höhe über demselben angestellt sind, so sind doch leider die meisten der von englischen Physikern gegebenen Resultate bei dieser Untersuchung nicht brauchbar. Der eine beobachtet zur Zeit der Maxima; das Reduciren auf eine bestimmte Temperatur scheinen die Engländer nicht für nöthig zu halten, oder wenn es ja einer thut, so hält er es für überflüssig, die constante Temperatur des Quecksilbers hinzuzufügen. Endlich leiden alle vorhandenen Messungen an einem constanten

48) Mathem. u. phys. Geogr. II, 237 fg.

Fehler, dessen Einfluß bei keiner Untersuchung über die Bewegungen des Barometers so groß wird, als bei den vorliegenden. Das Quecksilber im Barometer wird von dem Drucke zweier Atmosphären getragen, dem der trocknen Luft und dem des Wasserdampfes. Nur in Beziehung auf den ersteren kann von einem Gleichgewichte zwischen allen Theilen der Atmosphäre die Rede seyn; letztern anlangend, so wirkt auf ihn die Temperatur weit stärker ein; wenn der Dampf zwischen den Wendekreisen auch der Dampfatmosphäre auf der ganzen Erde eine von der Centrifugalkraft abhängige Dichtigkeit zu geben sucht, so wird die nach den Polen strömende Menge stets condensirt, so wie sie nach kältern Gegenden gelangt. Es sollte daher bei allen Untersuchungen über diesen Gegenstand nur die trockne Luft berücksichtigt werden, Mangel an umfassenden Hygrometerbeobachtungen verhindert die Berücksichtigung dieses Umstandes.

Auf die Abhängigkeit des Barometerstandes von der Polhöhe machte zuerst Humboldt aufmerksam [49]). Er nahm den Barometerstand zwischen den Wendekreisen zu 337''',8 an, während ihn Shuckburgh nach seinen Messungen in England und Italien zu 338''',24 [50]), Fleuriau de Bellevue in Rochelle zu 338''',83 [51]) gefunden hatten. Zach stellte bald darauf eine theoretische Untersuchung über den Barometerstand in verschiedenen Breiten an [52]). Sich auf seine Untersuchungen über Höhe und Abplattung der Atmosphäre stützend, giebt er für den Aequator die Höhe 337''',02, für den Pol 339''',03, beide Barometerstände bei der constanten Temperatur von 10 R. genommen. Indem Muncke den Theil von Laplace's Formel für das Höhenmessen mit dem Barometer berücksichtigt, welcher sich auf die Polhöhe bezieht, findet er für den Aequator die Höhe von 336''',48, für den Pol 338''',34 [53]), späterhin nimmt er für diese Punkte 337''',00 und 338''',86 an [54]), alle Barometer-

49) Humboldt Tableau physique p. 89.
50) Phil. Trans. LXVII, 586.
51) Journal de Physique XLVII, 158.
52) Monatl. Corresp. XXI, 215.
53) Gehler's Wörterb. I, 915.
54) Ebend. I, 918.

stände auf 0° reducirt. Einer spätern Untersuchung zufolge glaubt Humboldt ebenfalls einen niedrigern Stand am Aequator annehmen zu müssen [55].

Während nach den erwähnten Untersuchungen das Barometer desto höher steht, je weiter wir uns von dem Aequator entfernen, leitet Hansteen theils aus Beobachtungen in Norwegen, theils aus theoretischen Betrachtungen das Resultat her, daß das Barometer desto niedriger stehe, je größer die Breite sey. Am Aequator steht das Barometer höher als 337‴; aber der auf den Meeresspiegel reducirte Stand beträgt in Christiania 335‴,913, in Hardangen 336‴,3 [56]. Auch Schouw glaubt, daß in höhern Breiten das Barometer niedriger stehe, als im mittlern. Beobachtungen, welche Thorstensten in Näs bei Reikiavig auf Island vom 1sten März 1822 — 25 anstellte, geben 333‴,45 bei 0°; frühere Beobachtungen zu Reikiavig hatten am Niveau des Meeres 334‴,68 gegeben. In Godhaab auf Grönland fand der Inspector Mühlenpfort nach 5jährigen Beobachtungen (1816 — 21) den mittlern Stand 332‴,81, wobei indessen die Reduction auf eine mittlere Temperatur fehlt [57].

Da es uns bisher noch ganz an Elementen fehlt, um den Dampfgehalt der Atmosphäre in verschiedenen Breiten zu bestimmen, so bleibt uns gegenwärtig nichts anderes übrig, als den Druck der feuchten Atmosphäre zu vergleichen. Die folgende Tafel enthält die meisten Bestimmungen über den mittlern Barometerstand:

	Breite	Barometerstand	
Großer Ocean	0	337‴,79	[58]
Cumana	10° 27′ N	336,98	[59]
Teneriffa	28. 28	338,44	[60]
Cairo	30. 2	336,02	[61]

55) Humboldt Voyage XI, 1 fg.
56) Magazin for Naturvidenskaberne III, 287.
57) Tidsskrift for Naturvidenskaberne IV, 347.
58) Cook nach Horner in Krusenstern Reise III, 168.
59) Boussingault bei Humboldt Voyage XI, 5.
60) Escolar bei Buch Canar. Ins. p. 71.
61) Coutelle bei Muncke in Gehler's Wörterb. I, 916.

	Breite	Barometerstand	
Malta	35. 54	337''',04	62)
Rom	41. 54	336,14	63)
Marseille	43. 17	337,38	64)
Padua	45. 24	337,40	65)
la Rochelle	46. 9	338,83	66)
Nantes	47. 13	338,67	67)
St. Malo	48. 39	338,64	67)
London	51. 30	337,23	68)
Middelburg	51. 30	336,58	69)
Danzig	54. 21	337,03	70)
Königsberg	54. 43	337,22	71)
Apenrade	55. 0	337,08	72)
Copenhagen	55. 41	338,74	73)
Christiania	59. 55	335,88	74)
Bergen	60. 24	335,56	75)
Reikiavig	66. 30	334,68	76)

62) Dangos in Gehler's Wörterb. I, 916.

63) Aus 7jähr. Beob. von Calandrelli findet Schön (Witterungskunde Tab. X) den Barometerstand von 335''',8 bei 10° R. Das Barometer hängt 89' über dem Meere (Ephem. Soc. Met. Pal. 1782. p. 306). Die Reduction aufs Niveau des Meeres und 0° giebt obige Größe.

64) 8jähr. Beob. von Silvabelle aus Gilbert's Ann. XLIII, 420 bei Muncke l. l.

65) Schön findet 337''',465 bei 10° R. Das Barometer hing 56' über dem Meere (Toald in Ephem. Soc. Met. Pal. 1781. p. 270).

66) Bellevue im Journ. de phys. XLVII, 150 bei Muncke.

67) Bei Muncke l. l.

68) 2jähr. Beob. der R. S. in Phil. Trans.

69) Heinrich bei Muncke l. l.

70) Strehlke bei Riese in Poggendorff's Ann. XVIII, 133.

71) Sommer ibid.

72) Neuber ibid.

73) Heinrich bei Muncke l. l.

74) 36 Monate von Hansteen im Magasin for Naturvidenskaberne.

75) Bohr ibid.

76) Schouw l. l.

stände auf 0° reducirt. Einer spätern Untersuchung zufolge glaubt Humboldt ebenfalls einen niedrigern Stand am Aequator annehmen zu müssen [55].

Während nach den erwähnten Untersuchungen das Barometer desto höher steht, je weiter wir uns von dem Aequator entfernen, leitet Hansteen theils aus Beobachtungen in Norwegen, theils aus theoretischen Betrachtungen das Resultat her, daß das Barometer desto niedriger stehe, je größer die Breite sey. Am Aequator steht das Barometer höher als 337'''; aber der auf den Meeresspiegel reducirte Stand beträgt in Christiania 335''',913, in Hardangen 336''',3 [56]. Auch Schouw glaubt, daß in höhern Breiten das Barometer niedriger stehe, als im mittlern. Beobachtungen, welche Thorstensten in Näs bei Reikiavig auf Island vom 1sten März 1822 — 25 anstellte, geben 333''',45 bei 0°; frühere Beobachtungen zu Reikiavig hatten am Niveau des Meeres 334''',68 gegeben. In Godhaab auf Grönland fand der Inspector Mühlenpfort nach 5jährigen Beobachtungen (1816 — 21) den mittlern Stand 332''',81, wobei indessen die Reduction auf eine mittlere Temperatur fehlt [57].

Da es uns bisher noch ganz an Elementen fehlt, um den Dampfgehalt der Atmosphäre in verschiedenen Breiten zu bestimmen, so bleibt uns gegenwärtig nichts anderes übrig, als den Druck der feuchten Atmosphäre zu vergleichen. Die folgende Tafel enthält die meisten Bestimmungen über den mittlern Barometerstand:

	Breite	Barometerstand	
Großer Ocean	0	337''',79	[58]
Cumana	10° 27' N	336,98	[59]
Teneriffa	28. 28	338,44	[60]
Cairo	30. 2	336,02	[61]

55) Humboldt Voyage XI, 1 fg.
56) Magazin for Naturvidenskaberne III, 287.
57) Tidsskrift for Naturvidenskaberne IV, 347.
58) Cook nach Horner in Krusenstern Reise III, 163.
59) Boussingault bei Humboldt Voyage XI, 5.
60) Escolar bei Buch Canar. Ins. p. 71.
61) Coutelle bei Muncke in Gehler's Wörterb. I, 916.

	Breite	Barometerstand	
Malta	35. 54	337''',04	62)
Rom	41. 54	336,14	63)
Marseille	43. 17	337,38	64)
Padua	45. 24	337,40	65)
la Rochelle	46. 9	338,83	66)
Nantes	47. 13	338,67	67)
St. Malo	48. 39	338,64	67)
London	51. 30	337,23	68)
Middelburg	51. 30	336,58	69)
Danzig	54. 21	337,03	70)
Königsberg	54. 43	337,22	71)
Apenrade	55. 0	337,08	72)
Copenhagen	55. 41	338,74	73)
Christiania	59. 55	335,88	74)
Bergen	60. 24	335,56	75)
Reikiavig	66. 30	334,68	76)

62) Dangos in Gehler's Wörterb. I, 916.

63) Aus 7jähr. Beob. von Calandrelli findet Schön (Witterungskunde Tab. X) den Barometerstand von 335''',8 bei 10° R. Das Barometer hängt 89' über dem Meere (Ephem. Soc. Met. Pal. 1782. p. 306). Die Reduction aufs Niveau des Meeres und 0° giebt obige Größe.

64) 8jähr. Beob. von Silvabelle aus Gilbert's Ann. XLIII, 420 bei Muncke l. l.

65) Schön findet 337''',465 bei 10° R. Das Barometer hing 56' über dem Meere (Toaldo in Ephem. Soc. Met. Pal. 1781. p. 270).

66) Bellevue im Journ. de phys. XLVII, 150 bei Muncke.

67) Bei Muncke l. l.

68) 2jähr. Beob. der R. S. in Phil. Trans.

69) Heinrich bei Muncke l. l.

70) Strehlke bei Riese in Poggendorff's Ann. XVIII, 133.

71) Sommer ibid.

72) Neuber ibid.

73) Heinrich bei Muncke l. l.

74) 36 Monate von Hansteen im Magasin for Naturvidenskaberne.

75) Bohr ibid.

76) Schouw l. l.

Die in obiger Tafel enthaltenen Größen zeigen im Allgemeinen einen so anomalen Gang, daß es bis jetzt wenig wahrscheinlich ist, daß man daraus ein hinreichend genaues Gesetz über die Abhängigkeit des mittlern Barometerstandes von der Polhöhe herleiten könne. Versuchen wir es z. B., die Constanten des Laplace'schen Ausdruckes

$$B_\varphi = B + a \cos 2\varphi$$

daraus herzuleiten, so ist der wahrscheinliche Fehler so groß, daß es die Frage bleibt, ob das Gesetz der Natur auch nur einigermaßen entspreche. Wenn ein Theil der Abweichungen seinen Grund auch darin haben mag, daß die Scalen der Instrumente nicht vollkommen übereinstimmten, so finden wir doch so große Differenzen in derselben Breite, daß wir sie hieraus allein nicht ableiten dürfen. So ist der Barometerstand in Cairo mehr als 2 Linien kleiner, als der ungewöhnlich hohe Stand auf Teneriffa. Buch leitet den letztern von einer Anhäufung der Luft durch entgegengesetzte Winde her [77]). Wahrscheinlich ist der Barometerstand in Cairo deshalb so niedrig, weil die Luft trocken und stark erwärmt ist, so daß hier ein Theil der obern Schichten seitwärts abfließt. Norwegen zeigt uns eine ähnliche Anomalie. L. v. Buch sieht die geringe Höhe des Barometers in dieser Gegend als eine Folge der daselbst herrschenden westlichen und südlichen Luftströmungen an [78]). Auch hier dürfte wohl die Temperaturdifferenz zwischen Norwegen und dem benachbarten Schweden die Hauptrolle spielen. Soll die Oberfläche des Luftoceanes so gelagert seyn, wie es die Bedingungen des Gleichgewichtes erforden, so kann das Gewicht der wärmern Luftsäule über Norwegen nicht so groß seyn, als das der kältern über Schweden. Eine ähnliche Anomalie finden wir bei Ochotzk und in Petropaulowsk in Kamtschatka, wo der auf 0° reducirte Barometerstand nur 333''',556 beträgt [79]). Worin aber der ungewöhnlich hohe Barometerstand an der Westküste Frankreichs seinen Grund habe, läßt sich aus Mangel an Beobachtungen in Spanien und Portugal nicht be-

77) L. v. Buch Canar. Ins. p. 71.
78) Gilbert's Ann. XXV, 329.
79) Poggendorff's Ann. XVII, 337.

nmen. Ob vielleicht der herabsinkende obere Passat, welcher r mit schwachen Polarströmen zusammentrifft, eine Anhäufung : Luft bedinge, wird sich erst dann entscheiden lassen, wenn nicht s der Druck der ganzen, sondern auch der trocknen Atmosphäre rch eine größere Zahl von Beobachtungen bestimmt seyn wird, bis jetzt geschehen ist.

Nach Betrachtung der allgemeinen Erscheinungen, welche s das Barometer zeigt, wollen wir seine Bewegungen im Laufe Jahres näher betrachten. Läßt sich auch der mittlere Stand einem Orte schon durch die Beobachtungen eines einzigen Jahs annähernd bestimmen, so gilt dieses doch weit weniger von dem ande in den einzelnen Monaten. In mittlern Breiten schei wenigstens zehnjährige Aufzeichnungen erforderlich, wenn wir mittlern Stand in den einzelnen Monaten erhalten wollen, auch selbst hier bleibt noch die Frage, ob die erhaltenen Resul völlig naturgemäß seyen. Bleiben wir z. B. bei dem Drucke ganzen Atmosphäre stehen, so geben uns 11jährige Beobachgen (1816—26) in Paris folgende Größen:

Monat	Beobachtet	Berechnet	Unterschied
Januar	335''',86	335''',63	— 0''',23
Februar	5,83	5,62	— 0,21
März	4,96	5,11	+ 0,15
April	4,49	4,61	+ 0,12
Mai	4,52	4,57	+ 0,05
Junius	5,40	4,98	— 0,42
Julius	5,09	5,38	+ 0,29
August	5,15	5,32	+ 0,17
September	5,14	4,45	+ 0,31
October	4,30	4,45	+ 0,15
November	4,86	4,55	— 0,31
December	4,60	5,12	+ 0,52
Jahr	5,02		

: Gang des Barometers ist hier so, wie ihn früher schon Rand aus seinen Beobachtungen zu Clermont herleitete [80]). Das

) Mém. de l'Institut 1812. p. 44.

fließt nach der südlichen ab, dort sinkt also das Barometer, während es hier steigt. Das Gegentheil muß erfolgen, wenn die Declination der Sonne südlich wird, und wir sehen also hieraus, wie das Barometer im Sommer niedriger steht, als im Winter; zugleich aber zeigt uns dieses Phänomen, weshalb zur Zeit der beiden Aequinoctien Luftströme vorherrschend sind, deren Richtung mit der großen dann vorhandenen Bewegung zusammenfällt.

So wie wir in unsern Gegenden den Barometerstand beobachten, wird diese Erscheinung durch den Druck der Dampfatmosphäre verdeckt. Zur Zeit nämlich, wo das Barometer sinkt, wird die Dampfmenge in der Atmosphäre größer, und es kann dann geschehen, daß das Barometer im Sommer ein zweites Maximum erreicht. Erst wenn im Spätsommer und im Anfange des Herbstes die Atmosphäre einen Theil ihres Dampfes verliert, sinkt das Barometer aufs Neue, um späterhin durch die ankommenden Luftmassen zu steigen.

Wenn also in unsern Gegenden diese Abhängigkeit des Barometers von den Jahreszeiten durch eine andere Erscheinung verdeckt ist, so zeigt sie sich in einem desto auffallendern Grade in niedern Breiten. Aeltere Beobachtungen, welche Dorta in Rio Janeiro angestellt hatte, zeigten schon die merkwürdige Thatsache, daß in der südlichen Halbkugel das Barometer bei südlicher Declination höher stehe, als bei nördlicher, und Humboldt sah diese Thatsache, welche sich in Macao und in der Havanna ebenfalls zeigt, als allgemeines Naturgesetz [83]). Muncke glaubt zwar, daß diese Erscheinung nicht füglich der Wärme beigemessen werden könne [84]), ich aber stellte bald darauf in einer Recension des physikalischen Wörterbuchs diese Thatsache mit den großen Bewegungen der Atmosphäre zusammen, welche wir bei den Passaten so auffallend erkennen [85]). In der Folge hat L. v. Buch die Erscheinung aus demselben Princip abgeleitet [86]). Aus den

83) Humboldt Voyage X, 448.

84) Gehler's Wörterb. N. A. I, 928.

85) Allgemeine Literatur-Zeitung 1826. No. 271. p. 512.

86) Poggendorff's Annalen XV, 355.

n ihm zusammengestellten Erscheinungen folgt, daß das Barometer allgemein dann am niedrigsten stehe, wenn die Declination der Sonne mit der Breite des Ortes gleichnamig ist. Aber der Unterschied zwischen dem höchsten und niedrigsten Stande wird desto geringer, je weiter wir uns vom Aequator entfernen. Diese Erscheinung hat nach Buch ihre sehr bestimmten Gränzen. Nicht allmählig, sondern in scharfem Uebergange ist sie verschwunden, und in der scheinbaren Unregelmäßigkeit der weiter gegen die Pole an eintretenden Barometerhöhen offenbart sich die temperirte Zone [87]). Leop. v. Buch hat in der angeführten Abhandlung die monatlichen Barometerstände von einer Reihe von Orten zusammengestellt. Vergleichen wir den mittlern Barometerstand der drei Monate December, Januar und Februar mit dem der drei Monate Junius, Julius und August, so erhalten wir folgende Differenzen, welche als negativ angesehen werden, wenn die Barometerhöhe im Sommer größer ist, als im Winter [88]).

Ort	Breite	Höhe	Differenz	Zeit der Beobachtungen
Capstadt	33° 15′ S	. . .	1‴,97	9 Jahre
Rio Janeiro	22. 15 S	. . .	3,36	1 Jahr
Sta. Fé de Bogota	4. 36 N	1366ᵗ	—0,39	1 Jahr
Seringapatam	12. 25	377	2,02	1 Jahr
Bangalore	12. 55	500	—1,72	1 Jahr
Madras	13. 5	. . .	2,36	21 Jahre [89])
Calcutta	22. 40	. . .	4,72	8 Jahre
Macao	22. 50	. . .	4,50	1 Jahr
Havanna	23. 8	. . .	1,09	3 Jahre [90])
Benares	25. 18	. . .	5,73	4 Jahre
Khâtmandu	27. 42	726	2,66	10 Monate
Cairo	30. 2	. . .	3,57	11 Monate

87) Poggendorff's Ann. XV, 357.

88) Es versteht sich hiebei von selbst, daß der Gegensatz der Jahreszeiten in der nördlichen und südlichen Halbkugel berücksichtigt worden ist.

89) Statt der von Buch gegebenen halbjährigen Größen habe ich die Beobachtungen von Goldingham genommen, Berghaus Annalen, October 1830. S. 59.

90) Nach der Tafel bei Humboldt, Voyage X, 449.

Ort	Breite	Höhe	Differenz	Zeit der Beobachtungen
Natchez	31. 20	. . .	1,76	5 Jahre
Palermo	38. 5	. . .	—0,34	20 Jahre
Rom	41. 59	. . .	—1,29	7 Jahre [91])
Marseille	43. 18	. . .	—1,73	7 Jahre [91])
Padua	45. 28	. . .	—0,68	7 Jahre [91])
Paris	48. 50	. . .	0,22	11 Jahre
Copenhagen	55. 41	. . .	—1,66	7 Jahre [91])

Es fehlt leider ganz an Beobachtungen, welche in dersel[ben] Lage gegen Festland und Meer angestellt, eine hinreichende Z[ahl] von Breitengraden umfassen, so daß wir über diesen Ueberg[ang] bisher noch nicht urtheilen können, denn die bei Cadix und Lis[sa]bon angestellten Beobachtungen, welche L. v. Buch mitth[eilt] umfassen nur die Zeit eines Jahres, was jedenfalls zu kurz [ist]. Dagegen zeigen 10 Breitengrade nördlicher die Messungen in Pa[ris] noch genau dasselbe Gesetz, als die zwischen den Wendekreisen [an]gestellten; nur die Größe der Differenz ist bei weitem gerin[ger], offenbar deshalb, weil in der Nähe des Aequators die Luft [zu]erst abwärts fließen muß, ehe sich diese Bewegung rückwärts ge[gen] die Pole verbreitet. Da zwischen den Wendekreisen die Wirk[ung] dieser Erscheinung weit lebhafter ist, da sich die Temperatur [und] mit ihr wahrscheinlich der Druck der Dampfatmosphäre im Lau[fe] des Jahres weit weniger ändert, als in höhern Breiten, so ver[]schwindet in letzteren im Allgemeinen das Phänomen; erst dann, wenn der Druck des Dampfes von dem Barometerstande subtrahirt wird, zeigt sich eine größere Differenz zwischen den Jahreszeiten; ja hätten wir aus Copenhagen, dem nördlichsten Punkte, wo Messungen angestellt sind, hinreichend genaue Hygrometerbeobachtungen, so zweifle ich keinesweges, daß wir auch hier noch eine positive Differenz statt einer negativen finden würden.

Wenn wir die in obiger Tafel enthaltenen Größen näher betrachten, so zeigt sich sehr bestimmt, daß sie desto kleiner werden, je höher das Barometer über der Oberfläche des Meeres hängt. Aber auch im Niveau des Meeres scheinen mehr oder minder be-

91) Aus Schön's Witterungskunde entnommen.

ıde klimatische Differenzen vorhanden zu seyn. Um das Ge-
ieser Abhängigkeit von der Breite näher kennen zu lernen,
ı wir annehmen, die Differenz sey bei einerlei Polhöhe in
ördlichen und südlichen Halbkugel gleich. Stellen wir dann
n Niveau des Meeres oder in geringer Höhe über demselben
tellten Beobachtungen bis zur Breite von Cairo mit denen in
; und Copenhagen zusammen, so erhalten wir folgende Glei-
:, wo Δ_φ die von der Breite φ abhängende Differenz be-
et

$$\Delta_\varphi = -3''',507 + 8''',157 \cos^2\varphi.$$

folgende Tafel enthält eine Vergleichung der beobachteten
en mit den berechneten.

Ort	Breite	Beobachtet	Berechnet	Unterschied
ːas	13° 5′	2‴,36	4‴,23	+ 1‴,87
Janeiro	22. 15	3,36	3,48	+ 0,12
ıtta	22. 40	4,72	3,44	— 1,28
ıo	22. 50	4,50	3,42	— 1,08
ːnnah	23. 8	1,09	3,30	+ 2,30
ıres	25. 18	5,73	3,16	— 2,57
ı	30. 2	3,54	2,61	— 0,93
ːadt	33. 15	1,97	2,20	+ 0,23
;	48. 50	0,22	0,03	— 0,19
nhagen	55. 41	— 1,66	— 0,91	+ 0,75

Leiten wir aus dem gegebenen Ausdrucke diese Differenz von
u 10 Breitengraden her, so erhalten wir

Breite	Differenz	Breite	Differenz
0	4‴,65	50°	— 0‴,14
10	4,40	60	— 1,47
20	3,70	70	— 2,55
30	2,61	80	— 3,26
40	1,28	90	— 3,51

ıleibt den Arbeiten künftiger Beobachter überlassen, die in
r Tafel enthaltenen Größen, welche nur als erste Annäherun-
an die Wahrheit angesehen werden dürfen, zu berichtigen.

Aber nur dann, wenn zugleich auf den Druck der Dampfatmos
Rücksicht genommen wird, werden die Resultate ein hinreich
Zutrauen verdienen. Deutlicher wird sich dann zeigen, daß
der Breite und Meereshöhe noch andere Umstände hiebei
Rolle spielen; namentlich wird der Austausch der Luftmassen
schen dem Festlande und dem benachbarten Meere dann auff
der hervortreten. An keinem Orte ist diese Differenz so gro
in Benares, aber mitten im Festlande gelegen ist dieses die
gend, nach welcher die Luft im Winter mit eben solcher Le
tigkeit strömt, als sie im Sommer abwärts fließt, ganz dasj
bestätigend, was wir bei der Erklärung der Moussons g
haben. Auch in Cairo ist die Differenz fast um eine Linie größe
die Rechnung sie giebt, ja hätten wir Messungen aus der The
oder Nubien, so würde die Differenz vielleicht eben so groß
als in Benares. Gehen wir aber nach Italien, so findet plö
Umkehrung des ganzen Phänomenes Statt. Wenn auch
tige Beobachtungen bei Berücksichtigung des Dampfgehaltes
leicht keine gänzliche Umkehrung des Ganges zeigen werden,
so viel gewiß, daß das Barometer im Sommer in Italien
hältnißmäßig weit höher steht, als in dem südlicher liege
Africa. Das Abfließen der Luft vom nördlichen Africa un
Anhäufung derselben über dem nördlicher liegenden Mittel
sind die Ursache sowohl dieses Gegensatzes als der Etesischen W
der Alten *).

Ein ähnlicher, von den Jahreszeiten abhängender, Aust
der Luftmassen, findet auch in höhern Breiten zwischen dem
nern des Continentes und dem Meere Statt. Die Differenz
schen dem Gange der Wärme in Küstengegenden und im In
des Continentes ist Ursache, daß dort das Barometer im Som
etwas tiefer, im Winter etwas höher steht, als hier. Die
lern monatlichen Barometerstände in den Jahren 1826
1827, welche Schübler zu Paris, Genf, Stuttgart und
verglich, zeigten, daß der Barometerstand der Sommerm
desto mehr unter dem mittlern des Jahres lag, je östliche
Punkt war [92]).

*) Bd. I. S. 201.

92) Correspondenzblatt des würtemberg. landwirthschaftl. Vereins X
u. XIII, 341.

Außer den bisher betrachteten Bewegungen zeigt das Barometer noch sehr viele unregelmäßige Schwankungen, welche mit dem Gange der Witterung in einem mehr oder weniger deutlich zu erkennenden Zusammenhange stehen. Die Größe dieser unregelmäßigen Oscillationen wird desto bedeutender, je weiter wir uns von dem Aequator entfernen. Wollen wir daher einzelne Erscheinungen, ungewöhnliche Schwankungen genauer untersuchen, so ist vor allen Dingen erforderlich, daß wir die allgemeinen klimatischen Gesetze dieser Erscheinung näher studiren.

Bei Untersuchung dieser Anomalieen und namentlich bei Angabe ihrer Abhängigkeit von der geographischen Lage des Ortes tritt sogleich der Uebelstand ein, daß man eigentlich nicht weiß, auf welche Art die Schwankungen verglichen werden sollen. Am sichersten würde es jedenfalls seyn, aus einer vieljährigen Reihe von Beobachtungen den mittlern Barometerstand herzuleiten, damit die einzelnen Aufzeichnungen zu vergleichen, und aus ihren Abweichungen vom Mittel den wahrscheinlichen Fehler in den einzelnen Monaten herzuleiten, indem man bei dieser Untersuchung natürlich auf die täglichen und jährlichen Oscillationen Rücksicht nähme. Diese Arbeit ist indessen sehr weitläuftig, und nur wenige Meteorologen dürften sich dazu entschließen.

Aeltere Physiker nehmen bei ihren Vergleichungen meistens den aus einer mehrjährigen Beobachtungsreihe hergeleiteten Unterschied zwischen dem höchsten und niedrigsten Barometerstande. Dieses Verfahren, welches zu einem wenig brauchbaren Resultate führt, wurde in der Folge aufgegeben, man wählte den Unterschied zwischen den beiden im Laufe eines Monates beobachteten Extremen. Dadurch, daß hier kleinere Zeitintervalle gewählt wurden, erhielt man Resultate, welche die obige Vergleichung nicht zeigte. Man sah daraus, daß die Oscillationen geringer wurden, je größer die mittlere Wärme der Luft war. Setzt man diese Arbeit eine längere Reihe von Jahren fort und nimmt das Mittel der Differenzen in den einzelnen Monaten, so erhält man für diesen Monat nahe constante Größen, welche den mittlern Umfang der Oscillationen in ihm angeben. Nimmt man aus den Bestimmungen der einzelnen Monate das Mittel, so erhält man die mittlern Gränzen, zwischen denen sich der Stand des Barometers in einem Monate befindet. Wir wollen diese Größe

die mittlere monatliche Barometeroscillation nennen. Diese
wird schon durch die Beobachtungen eines einzigen Jahres
richtig gefunden, wie folgende Messungen von Bugge zu C
hagen zeigen [93]).

Jahr	Monatliche Oscillation	Abweichung vom Mittel
1766	10''',40	—1''',91
1767	12,47	+0,16
1768	12,37	+0,06
1769	11,91	—0,40
1770	12,18	—0,13
1771	11,59	—0,52
1772	11,17	—1,14
1774	12,34	+0,03
1775	12,79	+0,48
1782	11,73	—0,58
1783	12,35	+0,04
1784	13,26	+0,95
1785	13,90	+1,59
1786	12,80	+0,49
1787	12,52	+0,21
1788	13,05	+0,74
Mittel	12,31	

Ist freilich dieses Verfahren das einzige, welches beim je
Zustande der bekannt gemachten Erfahrungen hinreichend g
Resultate giebt, so hat es dennoch mancherlei Mängel.
wird hiebei vorausgesetzt, daß die wirklichen Extreme beob
seyen, was gewiß nur in sehr wenigen Fällen geschehen ist,
mitgetheilten Differenzen sind daher etwas zu klein. Wen
ein Beobachter den Stand des Barometers täglich öfter au
net, als ein anderer, so wird er wahrscheinlich Größen f
welche den Extremen näher liegen; die aus den Beobacht
sich ergebenden Differenzen werden also desto größer, je

93) Von 1766—1775 bei Cotte Mém. II, 313 und 1782—
den Mannh. Ephemeriden.

Beobachtungen am Tage angestellt worden sind. Da glücklicherweise die meisten Meteorologen das Barometer täglich dreimal beobachtet haben, so sind die Größen in verschiedenen Klimaten vergleichbar, da alle mit demselben Fehler behaftet sind. Einflußreicher wird der Fehler, welcher bei dieser Vergleichung dadurch begangen wird, daß man auf die täglichen Oscillationen keine Rücksicht nimmt. Deprimiren Stürme, Regen oder andere Phänomene das Barometer, so wird es zur Zeit des Minimums wahrscheinlich tiefer stehen, als es der Fall seyn würde, wenn die tägliche Bewegung nicht existirte; zur Zeit des Maximums wird sein Stand alsdann höher seyn. Dieser Einfluß der täglichen Bewegung auf die unregelmäßigen Schwankungen ist in unsern Gegenden unbedeutend, wird aber am Aequator sehr groß, indem hier die unregelmäßigen Bewegungen klein, die regelmäßigen groß sind.

Das sicherste Verfahren, zu dem erwünschten Ziele zu gelangen, besteht unstreitig darin, daß man hier eben so wie bei Bestimmung der Temperaturverhältnisse möglichst kleine Zeitintervalle nimmt; die unregelmäßigen Aenderungen des Barometers im Laufe eines Tages liefern unstreitig die schärfsten Resultate. Und hier ist es am vortheilhaftesten, die Größe aufzusuchen, um welche das Barometer von einer Beobachtung bis zu der Beobachtung zu derselben Zeit am folgenden Tage steigt oder fällt; das Mittel der 30 oder 31 im Laufe des Monates erhaltenen Größen ist dadurch von allem Einflusse der Zahl der Beobachtungen oder der regelmäßigen Oscillationen befreit. Werden täglich mehrere Messungen angestellt, so giebt das Mittel der einzelnen Mittel Größen, welche der Wahrheit noch näher kommen; denn es kann wohl geschehen, daß die Größen, welche man auf diese Art zu verschiedenen Tageszeiten erhält, in einem einzigen Monate mehr oder minder von einander abweichen, während schon das jährliche Mittel so beschaffen ist, daß sie im Laufe des ganzen Tages gleich sind [94]). Die folgende Tafel zeigt die Größe dieser unregel-

94) Ich habe dieses Verfahren bei meinen eigenen Beobachtungen seit dem Anfange des Jahres 1827 angewendet. Späterhin hat auch Schmidt eine ähnliche Methode empfohlen (Mathem. u. phys. Geogr. II,

kleinsten ist, das Minimum scheint etwas früher Statt zu finden, als die höchste Temperatur. Nur in Santa Fé de Bogota erreicht diese Größe erst im März ihr Maximum; eine größere Reihe von Beobachtungen muß zeigen, ob diese Abweichung ihren Grund darin habe, daß die Messungen nicht hinreichend lange fortgesetzt sind.

Deutet schon dieser Umstand auf einen Zusammenhang zwischen dem Gange der Temperatur und den unregelmäßigen Bewegungen des Barometers, so zeigt uns die hier empfohlene Art, die Schwankungen des Barometers zu untersuchen, noch mehrere andere Punkte, welche diese Verbindung beider in ein helleres Licht setzen. Untersucht man nämlich die unregelmäßigen Aenderungen des Thermometers dergestalt, daß man die mittlere Differenz der Temperaturen nimmt, welche an je zwei auf einander folgenden Tagen zu denselben Stunden beobachtet sind, so wird auch diese Differenz im Sommer weit kleiner als im Winter, wie dieses die folgenden zu Cambridge und Eyafiord erhaltenen Resultate beweisen:

Monat	Cambridge	Eyafiord
Januar	5°,20	4°,88
Februar	3,62	4,54
März	3,42	4,23
April	3,92	4,18
Mai	2,27	3,20
Junius	2,64	2,83
Julius	2,72	2,75
August	2,69	2,91
September	3,09	2,46
October	4,33	2,27
November	3,85	3,60
December	4,41	4,87

Achtet man bei dieser Vergleichung auf die gleichzeitigen Aenderungen des Barometers und Thermometers, so erkennt man zwischen beiden einen noch nähern Zusammenhang. Wenn nämlich das Barometer von einem Tage bis zum folgenden steigt, so sinkt meistens das Thermometer, und zwar ist die Abnahme der Tempe-

ratur gewöhnlich desto bedeutender, je mehr das Barometer steigt. Das Gegentheil findet Statt, wenn das Barometer sinkt. Dabei aber zeigen sich häufig Ausnahmen. Der Druck der Atmosphäre wird um mehrere Linien größer, ohne daß sich ihre Wärme ändert, ja es geschieht wohl, daß diese ebenfalls ein wenig steigt. Die Vergleichung einer großen Anzahl von Beobachtungen aber bestätigt das obige Gesetz. Nehmen wir nämlich das Mittel der gleichzeitigen Aenderungen des Thermometers, wenn das Barometer in 24 Stunden um 1''',2''' ..... stieg oder sank, indem wir zu einer Aenderung von 1''' alle diejenigen rechnen, die zwischen 0''',5 und 1''',5 liegen, bezeichnen ferner die Größen, um welche eins dieser Instrumente stieg, mit +, diejenigen, um welche es sank, mit —, so erhalten wir folgende Tafel:

Aendert sich das Barometer um	so ändert sich das Thermometer um			
	Bagdad	Ofen	Cambridge	Enafiord
+ 10'''	.....	.....	.....	— 8°,85
+ 8'''	.....	.....	.....	— 5,99
+ 7'''	.....	.....	— 6°,53	— 2,35
+ 6'''	.....	.....	.....	— 3,48
+ 5'''	.....	— 3°,42	— 5,59	— 2,88
+ 4'''	.....	— 2,55	— 3,19	— 2,35
+ 3'''	— 3°,92	— 1,76	— 1,86	— 1,56
+ 2'''	— 1,39	— 1,15	— 1,65	— 1,00
+ 1'''	— 0,42	— 0,87	— 0,72	— 0,74
— 1'''	+ 0,69	+ 0,51	+ 0,42	+ 0,20
— 2'''	+ 0,84	+ 0,68	+ 1,94	+ 1,11
— 3'''	+ 1,94	+ 2,00	+ 2,39	+ 1,64
— 4'''	.....	+ 2,19	+ 2,11	+ 2,56
— 5'''	.....	+ 1,95	+ 2,78	+ 3,58
— 6'''	.....	.....	.....	+ 4,31
— 7'''	.....	.....	+ 3,70	+ 5,64
— 8'''	.....	.....	.....	+ 7,00
— 10'''	.....	.....	.....	+ 10,50

Wir sehen hier also aufs vollkommenste bestätigt, daß das Barometer im Mittel einer großen Zahl von Beobachtungen steigt,

kleinsten ist, das Minimum scheint etwas früher Statt zu finden, als die höchste Temperatur. Nur in Santa Fé de Bogota erreicht diese Größe erst im März ihr Maximum; eine größere Reihe von Beobachtungen muß zeigen, ob diese Abweichung ihren Grund darin habe, daß die Messungen nicht hinreichend lange fortgesetzt sind.

Deutet schon dieser Umstand auf einen Zusammenhang zwischen dem Gange der Temperatur und den unregelmäßigen Bewegungen des Barometers, so zeigt uns die hier empfohlene Art, die Schwankungen des Barometers zu untersuchen, noch mehrere andere Punkte, welche diese Verbindung beider in ein helleres Licht setzen. Untersucht man nämlich die unregelmäßigen Aenderungen des Thermometers dergestalt, daß man die mittlere Differenz der Temperaturen nimmt, welche an je zwei auf einander folgenden Tagen zu denselben Stunden beobachtet sind, so wird auch diese Differenz im Sommer weit kleiner als im Winter, wie dieses die folgenden zu Cambridge und Eyafiord erhaltenen Resultate beweisen:

Monat	Cambridge	Eyafiord
Januar	5°,20	4°,88
Februar	3,62	4,54
März	3,42	4,23
April	3,92	4,18
Mai	2,27	3,20
Junius	2,64	2,83
Julius	2,72	2,75
August	2,69	2,91
September	3,09	2,46
October	4,33	2,27
November	3,85	3,60
December	4,41	4,87

Achtet man bei dieser Vergleichung auf die [illegible]
rungen des Barometers und Thermom[illegible]
schen beiden einen noch nähern [illegible]
das Barometer von einem T[illegible]
meistens das Thermomet[illegible]

ratur gewöhnlich desto bedeutender, je mehr das Barometer [illegible]. Das Gegentheil findet Statt, wenn das Barometer sinkt. [illegible] aber zeigen sich häufig Ausnahmen. Der Druck der [illegible] wird um mehrere Linien größer, ohne daß sich ihre Wärme ändert [illegible] ja es geschieht wohl, daß diese ebenfalls ein wenig [illegible]. [illegible] Vergleichung einer großen Anzahl von Beobachtungen [illegible] tigt das obige Gesetz. Nehmen wir nämlich das Mittel der [illegible] zeitigen Aenderungen des Thermometers, wenn das [illegible] in 24 Stunden um 1''',2''' ..... stieg oder sank, [illegible] einer Aenderung von 1''' alle diejenigen rechnen, die [illegible] 0''',5 und 1''',5 liegen, bezeichnen ferner die Größen, [illegible] eins dieser Instrumente stieg, mit +, diejenigen, [illegible] sank, mit —, so erhalten wir folgende Tafel:

Aendert sich das Barometer um	so ändert sich das Thermometer [illegible]			
	Bagdad	Ofen	[illegible]	[illegible]
+ 10'''	.....	.....	.....	— [illegible]
+ 8'''	.....	.....	.....	— [illegible]
+ 7'''	.....	.....	— [illegible]	— [illegible]
+ 6'''	.....	.....	.....	— [illegible]
+ 5'''	.....	— 3°,42	— [illegible]	— [illegible]
+ 4'''	.....	— 2,55	— [illegible]	— [illegible]
+ 3'''	— 3°,92	— 1,76	— [illegible]	— [illegible]
+ 2'''	— 1,39	— 1,15	— [illegible]	— [illegible]
+ 1'''	— 0,42	— 0,87	— [illegible]	— [illegible]
— 1'''	+ 0,69	+ 0,51	[illegible]	[illegible]
— 2'''	+ 0,84	+ [illegible]	[illegible]	[illegible]
— 3'''	+ 1,94	+ [illegible]	[illegible]	[illegible]
— 4'''	.....	+ [illegible]	[illegible]	[illegible]
— 5'''	.....	+ [illegible]	[illegible]	[illegible]
— 6'''	.....	[illegible]	[illegible]	[illegible]
— 7'''	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
— [illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
— 10'''	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]

[illegible] n
[illegible] aß
[illegible] no-
[illegible] irmt
[illegible] mmer
[illegible] suchun-
[illegible] as Ther-
[illegible] den Tage
[illegible] der Tem-
[illegible] rüher zei-
[illegible] lich sicher
[illegible] nehr oder
[illegible] t.

[illegible] g, daß die
[illegible] aufe des Tages
[illegible] Einfluß haben wer-

wenn das Thermometer fällt, und umgekehrt, und daß die eine dieser Größen zugleich mit der andern wächst. Dieser innige Zusammenhang zwischen beiden Aenderungen findet auch noch zwischen den Wendekreisen Statt. Die Messungen von Boussingault und Rivero zu Santa Fé geben uns folgende zusammengehörige Größen:

Aenderung des Barometers	Zugehörige Aenderung des Thermometers
+0''',53	—0°,66
+0,35	—0,28
+0,22	—0,50
+0,09	+0,17
—0,10	+0,31
—0,21	+0,36
—0,33	+0,18
—0,50	+0,09

Also auch hier sehen wir denselben Zusammenhang zwischen den Schwankungen des Barometers und denen der Temperatur als in höheren Breiten. Schon ältere Physiker haben die Existenz desselben erkannt, und namentlich hat Mairan denselben ausführlich untersucht [1]. In der Folge haben mehrere Physiker, besonders L. v. Buch, darauf wieder aufmerksam gemacht, und letzterer glaubte, das Barometer könne uns eben so sicher über das Klima eines Ortes belehren, als das Thermometer [2]. Mit einem gewöhnlichen Thermometer möchte ich indessen das Barometer nicht vergleichen, vielmehr scheint es mir mit größerem Rechte den Namen eines Differentialthermometers [3]) zu verdienen. Gerade so wie wir aus der Bewegung der flüssigen Säule in diesem Instrumente nur die Temperaturdifferenz beider

1) Bei de Luc recherches sur les modific. de l'atmosph. I, 170. §. 193 fg.

2) Gilbert's Ann. V, 14. — vgl. Dove in Pogg. Ann. XIII, 613.

3) Biot Traité IV, 606. Leslie kurzer Bericht von Versuchen zu Instrumenten, die sich auf das Verfahren der Luft zu Wärme und Feuchtigkeit beziehen. Uebers. von Brandes. 8. Leipzig 1823. S. 49. Gehler's Wörterb. N. A. s. v. Differentialthermometer.

ıgeln kennen lernen, möge die eine von ihnen erwärmt werden, ihrend die andere ihre Temperatur behält, oder möge die erstere ihrem Zustande bleiben, während man letztere erkaltet, so giebt s das Barometer die Temperaturdifferenz benachbarter großer nderstrecken an. Es sey (Fig. 4) AB die Oberfläche der Erde,) die ihr parallele Oberfläche der Atmosphäre im Falle des eichgewichtes, und das Barometer stehe daher allenthalben auf B gleich hoch. Ueber EF und GH behalte die Atmosphäre ihre mperatur, sie werde aber über FG stark erwärmt, ihre Oberche rückt hier nach NO; ein Gleichgewicht kann nicht mehr tatt finden es fließt ein Theil der Luftmasse über FG fort, bis : gemeinsame Oberfläche mit PQ zusammenfällt. Während o das Barometer über FG mit der Zunahme der Temperatur kt, so muß es über EF und GH steigen, letzteres erfolgt noch rker, wenn hier zugleich die Temperatur sinkt.

So sehen wir also, daß es nur auf die Temperaturdifferenz ıachbarter Gegenden ankommt, ob und wie sich das Barometer dern solle. Zugleich aber erkennen wir, daß das Barometer r bedeutend steigen oder sinken kann, ohne daß sich das Thermeter ändert, ja es geschieht öfter, daß beide Instrumente zuich steigen. Ist man dann aber im Stande, gleichzeitige Beobtungen aus entfernten Gegenden zu vergleichen, so findet man istens; daß hier das Barometer noch weiter stärker stieg, daß r also dasselbe Phänomen erfolgte, als beim Differentialthermoter, dessen eine Kugel schwach, die andere stark erwärmt rde. Die Aenderungen beider Instrumente sind nicht immer ız gleichzeitig, nicht selten findet sich bei näheren Untersuchun, daß das Barometer erst stieg oder sank, nachdem das Therter die zugehörigen Aenderungen schon am vorhergehenden Tage eigt hatte. Da die Bewegungen der Luft erst Folge der Tematurdifferenzen sind, so müssen sich letztere offenbar früher zei, als jene. Ja man kann besonders im Winter ziemlich sicher rauf rechnen, daß das Barometer in kurzer Zeit mehr oder niger sinken werde, wenn die Temperatur schnell steigt.

Uebrigens bedarf es wohl kaum einer Erwähnung, daß die elmäßigen Aenderungen der Temperatur im Laufe des Tages f diesen Vorgang nur einen unbedeutenden Einfluß haben wer-

den, da sie auf der ganzen Erde gleichartig nach einem regelmäßigen Gesetze erfolgen.

Nehmen wir an, es sey b der mittlere Barometerstand, t die mittlere Temperatur des Ortes, so ließe sich das Gewicht der Atmosphäre bei der Temperatur $t \pm t'$ sehr leicht berechnen, wofern wir annehmen, daß die ganze durch Erwärmung gehobene Luftmasse abflösse. In diesem Falle ist der Barometerstand b' bei der Temperatur $t + t'$

$$b' = b \cdot \frac{1 + 0{,}00375 \cdot t}{1 + 0{,}00375\,(t + t')}.$$

Ohne großen Fehler können wir hier annehmen, es sey

$$b' = b \cdot \frac{1}{1 + 0{,}00375 \cdot t'}.$$

Leiten wir aus den oben gegebenen Werthen von t' die Barometerstände her, so zeigen sich bedeutende Differenzen, im Durchschnitte ist die Barometeränderung bei negativen Werthen von t' kleiner, bei den positiven größer, als der berechnete, offenbar deshalb, weil bei starker Erwärmung der Atmosphäre ein Theil der Luftmasse nicht abfließt, das Barometer sich also nicht so sehr ändert, als ohne diesen Umstand der Fall seyn würde. Setzen wir daher allgemein

$$b' = b \, \frac{1}{1 + a \cdot t'}$$

so können wir den unter diesen Umständen Statt findenden Werth von a aus den obigen Größen herleiten. Nehmen wir für Santa Fé de Bogota $b = 249'''$, für die übrigen Orte $b = 336'''$ und vergleichen die gleichzeitigen Werthe für die Aenderungen des Barometers, so wird bei Anwendung der Methode der kleinsten Quadrate

Santa Fé de Bogota	a = 0,00512
Bagdad	a = 0,00496
Cambridge . . .	a = 0,00440
Ofen	a = 0,00524
Eyafiord	a = 0,00532
Mittel	a = 0,00501

Wurde es schon durch den allgemeinen Zusammenhang zwischen den Aenderungen der Wärme und des Luftdruckes sehr wahrschein-

lich, daß es vorzüglich die unregelmäßigen Bewegungen des Thermometers seyen, aus denen die unregelmäßigen Barometerschwankungen folgen, so erhält diese Hypothese durch die eben mitgetheilten Größen eine neue Unterstützung. Nicht blos in qualitativer Hinsicht stimmen die Erscheinungen zwischen den Wendekreisen und in den Polargegenden, an der Ostküste von America und im Innern des alten Continentes überein, sondern allenthalben zeigt das Mittel vieler Beobachtungen, daß das Barometer während eines Tages für gleiche Zu- oder Abnahme der Temperatur um dieselbe Größe steigt oder fällt.

Je mehr wir über das Ganze der Erscheinungen nachdenken, desto wahrscheinlicher wird diese Hypothese. Einen wichtigen Beleg derselben finden wir in dem Verhalten des Barometers bei verschiedenen Winden. Schon ältere Physiker fanden, daß der Luftdruck bei südlichen Winden meistens am kleinsten, bei nördlichen Winden meistens am größten sey [4]). Da sie aber gewöhnlich nur die beiden Extreme im Laufe eines Monates verglichen, so zeigten sich häufige Ausnahmen. Um diese Anomalieen zu entfernen, empfahl es Lambert im Jahre 1771, die mittlern Barometerstände bei den einzelnen Winden aufzusuchen [5]), aber erst Burckhardt unternahm eine ausführliche Arbeit dieser Art. Er stellte nach 27jährigen Beobachtungen (1773 — 1801) die Barometerstände in Paris nach den einzelnen Winden zusammen und erhielt folgende Größen [6]):

N	337''',00	S	334''',72
NO	7,28	SW	4,82
O	6,61	W	5,93
SO	5,78	NW	6,71

Das Barometer hat also seinen höchsten Stand bei NO, seinen niedrigsten bei S oder SW; es steht bei nördlichen und östlichen Winden höher als bei südlichen und westlichen, was auch Ramond für Clermont bestätigt fand [7]), so daß nach den Bemerkungen des letzteren die barometrischen Windrosen, wie

4) Halley, Mairan, Garsten, Saussure und Andere, deren Untersuchungen de Luc mittheilt.

5) J. H. Lambert deutscher gelehrter Briefwechsel IV, 107.

6) Zach Monatl. Corresp. III, 543. Schouw Klimatologie I, 94.

7) Mém. de l'Inst. 1808. S. 130.

L. v. Buch diese Curven nennt [8]), weit besser zur Bestimmung der Windrichtungen sind, als die häufig von Localströmen gedrehten Windfahnen. Durch Buch's Arbeiten wurden mehrere wichtige Gesetze in Betreff dieser Schwankungen bekannt, und verschiedene Physiker haben sich bemüht, den Gang dieser Oscillationen an verschiedenen Orten nachzuweisen. Die folgende Tafel enthält die gefundenen Größen:

Wind	London [9])	Middelburg [10])	Hamburg [11])	Copenhagen [12])	Apenrade [13])	Paris [14])
N	336''',55	338''',06	336''',4	338''',91	336''',16	336''',50
NO	7,22	7,67	6,8	9,18	7,15	6,68
O	6,43	7,58	6,3	8,54	6,69	5,63
SO	5,50	5,57	6,2	6,64	7,14	4,26
S	4,41	3,93	4,9	6,70	4,25	3,87
SW	4,80	4,45	4,6	6,51	5,16	4,03
W	5,70	6,05	5,5	7,38	6,24	4,94
NW	6,03	6,48	6,2	8,45	6,45	5,92
Mittel	5,83	6,22	5,9	7,91	5,92	5,23

Wind	Minden [14a])	Berlin [15])	Wien [16])	Ofen [17])	Moskau [18])	Stockholm [19])
N	336''',97	336''',32	332''',43	329''',81	329''',40	335''',98
NO	7,07	6,62	2,09	30,29	30,28	6,41
O	6,83	6,36	0,60	29,48	29,77	5,71
SO	5,35	4,55	1,72	30,62	28,81	4,57
S	4,54	3,06	1,47	28,87	28,32	4,20
SW	4,81	3,61	0,65	28,27	28,19	4,30
W	5,39	5,13	0,63	29,24	28,51	5,15
NW	6,97	5,85	2,10	29,70	28,82	5,38
Mittel	5,99	5,14	1,49	29,49	29,01	5,21

8) Abh. d. Berl. Acad. 1818. S. 103.
9) 9jähr. Beob. (1776—81, 87—89) aus den Phil. Trans.
10) 5jähr. Beob. (1782—86) von van de Perre, berechnet von Buch in Abh. d. Berl. Acad. 1818—19. S. 107.
11) Buek in Hamburgs Klima und Witterung S. 68.
12) 2jähr. Beob. von Schouw Klimatologie Heft I. S. 88.
13) 2jähr. Beob. von Neuber das. S. 91.
14) 11jähr. Mittagsbeob. von Bouvard von mir berechnet. — Eine treffliche Abhandlung über die barometrische Windrose zu Paris von Dove in Poggendorff's Ann. XI, 545.
14a) 7jähr. Beob. (1815—21), deren Resultate von Prof. Hoffmann berechnet und mir mitgetheilt wurden. Irre ich nicht, so heißt der Beobachter Heier und ist Lehrer an dem dortigen Gymnasium.
15) 5jähr. Beob. (1782—85) von Beguelin berechnet von Buch l. l.
16) Baumgartner's Naturlehre 3te Aufl. §. 348. S. 715.
17) 5jähr. Beob. 1782—86) von Weiß, berechnet von Buch l. l.
18) 5jähr. Beob. (1785, 86, 89, 91, 92) von Engel und Stritter ohne Angabe des Thermometers, berechnet von mir.
19) 9jähr. Beob. (1784—92) von Nicander in den Mannh. Ephem., berechnet von mir.

Die sämmtlichen Orte zeigen das oben erwähnte Gesetz; allenthalben nämlich steht das Barometer bei N oder NO Winden am höchsten, bei S oder SW am niedrigsten, und zwischen beiden findet ein mehr oder weniger regelmäßiger Uebergang Statt. Um die Anomalieen zu entfernen, wenden wir die häufig benutzte Interpolationsformel an; dann erhalten wir, wenn die Winde von N nach O gezählt werden:

London:

$$B_n = 335''',829 + 1''',178 \sin(n \cdot 45^\circ + 63^\circ\, 57') + 0''',317 \sin(n \cdot 90^\circ + 292^\circ\, 39')$$

Middelburg:

$$B_n = 336''',224 + 1''',932 \sin(n \cdot 45^\circ + 65^\circ\, 50') + 0''',411 \sin(n \cdot 90^\circ + 272^\circ\, 27')$$

Hamburg:

$$B_n = 335''',862 + 0''',965 \sin(n \cdot 45^\circ + 52^\circ\, 22') + 0''',279 \sin(n \cdot 90^\circ + 206^\circ\, 34')$$

Copenhagen:

$$B_n = 337''',789 + 1''',415 \sin(n \cdot 45^\circ + 71^\circ\, 48') + 0''',169 \sin(n \cdot 90^\circ + 332^\circ\, 41')$$

Apenrade:

$$B_n = 336''',155 + 0''',919 \sin(n \cdot 45^\circ + 50^\circ\, 21') + 0''',707 \sin(n \cdot 90^\circ + 243^\circ\, 4')$$

Paris:

$$B_n = 335''',235 + 1''',474 \sin(n \cdot 45^\circ + 75^\circ\, 47') + 0''',142 \sin(n \cdot 90^\circ + 339^\circ\, 26')$$

Die von Burckhardt mitgetheilten Resultate geben den Ausdruck:

$$B_n = 336''',106 + 1''',249 \sin(n \cdot 45^\circ + 69^\circ\, 21') + 0''',227 \sin(n \cdot 90^\circ + 244^\circ\, 34')$$

Minden:

$$B_n = 335''',992 + 1''',379 \sin(n \cdot 45^\circ + 69^\circ\, 51') + 0''',212 \sin(n \cdot 90^\circ + 237^\circ\, 36')$$

Berlin:

$$B_n = 335''',188 + 1''',622 \sin(n \cdot 45^\circ + 69^\circ\, 56') + 0''',540 \sin(n \cdot 90^\circ + 257^\circ\, 27')$$

Wien:

$$B_n = 331''',486 + 0''',576 \sin(n \cdot 45^\circ + 76^\circ 59') + 0''',674 \sin(n \cdot 90^\circ + 113^\circ 37')$$

Ofen:

$$B_n = 329''',535 + 0''',721 \sin(n \cdot 45^\circ + 36^\circ 32') + 0''',441 \sin(n \cdot 90^\circ + 181^\circ 18')$$

Moscau:

$$B_n = 329''',013 + 0''',919 \sin(n \cdot 45^\circ + 44^\circ 17') + 0''',251 \sin(n \cdot 90^\circ + 326^\circ 50')$$

Stockholm:

$$B_n = 335''',212 + 1''',035 \sin(n \cdot 45^\circ + 68^\circ 13') + 0''',255 \sin(n \cdot 90^\circ + 318^\circ 11')$$

Leiten wir hieraus diejenigen Punkte des Horizontes her, aus denen der Wind wehen muß, wenn das Barometer seinen höchsten oder niedrigsten Stand haben soll, so erhalten wir folgende Windstriche und Barometerstände:

	Maximum		Minimum		Untersch.
London	N 47° O	337''',07	S	334''',49	2''',58
Middelburg	N 47 O	338,05	S 11 W	333,97	4,08
Hamburg	N 72 O	336,61	S 34 W	334,40	2,21
Copenhagen	N 30 O	339,26	S 6 W	336,36	2,90
Paris	N 24 O	337,16	S 3 W	334,64	2,52
Minden	N 27 O	337,16	S 18 W	334,48	2,68
Berlin	N 58 O	336,60	S 12 W	333,05	3,55
Moscau	N 53 O	330,16	S 13 W	328,21	1,95
Stockholm	N 43 O	336,36	S 2 W	334,08	2,28

Die hier mitgetheilten Größen stimmen so weit überein, als man es bei Untersuchungen dieser Art erwarten kann, da, wie bereits mehrfach erwähnt worden ist, bei Aufzeichnung der Winde ein mehr oder weniger großer Fehler begangen wird. So weit die Beobachtungen reichen, scheint die Abhängigkeit des Barometerstandes von den Winden fast allenthalben denselben Gesetzen zu folgen; denn die Richtung der Winde, bei denen das Baro-

ter am höchsten oder niedrigsten steht, ist in London und Middelburg eben so als in Moscau und Stockholm. Nur Apenrade ...cht unter den Orten des westlichen Europa eine Ausnahme von ...n allgemeinen Verhalten, jedenfalls deshalb, weil noch nicht ... Anomalieen entfernt sind. Nehmen wir das Mittel aus den obiger Tafel enthaltenen Größen, so erhalten wir

Maximum bei N 45° O, Minimum bei S 11° W.

...chen wir eben so die Punkte auf, bei denen das Barometer ...en mittlern Stand hat, so erhalten wir

	Oestlicher Horizont	Westlicher Horizont
London	S 63° O	N 69° W
Middelburg	S 61 O	N 74 W
Hamburg	S 39 O	N 65 W
Copenhagen	S 71 O	N 71 W
Paris	S 76 O	N 75 W
Minden	S 64 O	N 77 W
Berlin	S 87 O	N 89 W
Moscau	S 55 O	N 32 W
Stockholm	S 69 O	N 67 W

...hmen wir das Mittel aus diesen Messungen, so finden wir die beiden Winde, bei denen das Barometer den mittlern ...and hat,

S 65° O und N 69° W

...n diesem allgemeinen Gesetze machen Apenrade, Wien und ...en jedoch Ausnahmen. Ersteren Ort anlangend, so ist es ge...., daß hier noch nicht alle Anomalieen entfernt sind, und daß ... eine längere Reihe von Beobachtungen nahe dieselben Gesetze ...jen würde, als an den übrigen Punkten des westlichen Europa. ...it schwieriger dagegen ist das Verhalten des Barometers in ...streich und Ungarn zu erklären. Die Curve, welche uns die ...hängigkeit des Barometers von der Windrichtung angiebt, ... sowohl in Wien als in Ofen eine Curve mit doppelter Krümmung, indem das Barometer an beiden Orten übereinstimmend ... NO nach O sinkt, und dann bei SO wieder höher steht. Um ...e Anomalie zu erklären, müßten die geographischen und meteo-

rologischen Verhältnisse der östlicher liegenden Gegenden bekan seyn, als jetzt der Fall ist. Nach L. v. Buch, welcher zuerst diesen Umstand in Ofen aufmerksam machte, geben wahrsch lich hinter einander liegende Reihen von Gebirgen dem SO-W seinen eigenthümlichen Charakter, dagegen mag die große hori tale Ebene zwischen Theiß und Donau in Osten von Ofen de mirend auf das Barometer wirken [20]).

Es ist nicht zu verkennen, daß diese Abhängigkeit des Ba meterstandes im Zusammenhange mit dem früher betracht Einflusse der Winde auf die Temperatur steht. Bei den kal Nordwinden steht das Barometer mehrere Linien höher als den wärmern Südwinden. Wie groß diese Verbindung der Te peratur mit dem Luftdrucke sey, giebt folgende Tafel, in wel ich die Windrichtungen, bei denen Extreme und Mittel des Ba meters Statt finden, mit den oben S. 37 gefundenen Grö zusammengestellt habe:

Maximum des Barom.	NO,	Minimum des Therm.	N 8
Mittel des Barometers	S 65 O,	Mittel des Therm.	S 8
Minimum des Barom.	S 11 W,	Maximum des Therm.	S 1
Mittel des Barometers	N 69 W,	Mittel des Therm.	N 77

Stimmen auch diese Punkte im Allgemeinen überein, so zeigen doch zwischen ihnen noch Differenzen, von denen es stets die Fr bleibt, ob sie durch länger fortgesetzte Beobachtungen an an Orten ganz entfernt werden würden. L. v. Buch [21]) Dove [22]) haben diesen ungleichen Barometerstand blos als Function der Wärme angesehen, und letzterer glaubt, daß beiden Extreme jedes Instrumentes in dem meteorologischen M diane liegen [23]). Es ist aus einer genauern Betrachtung der P nomene, welche uns Barometer und Thermometer zeigen, einleuchtend, daß die Wärme hiebei die Hauptrolle spiele, gleich aber sehen wir, daß sie nicht allein Ursache des unglei Barometerstandes bei verschiedenen Winden sey. So ist son

20) Abh. d. Berl. Acad. 1818. S. 109.

21) Ebend. S. 109 fg.

22) Poggendorff's Ann. XI, 565.

23) S. oben S. 38.

ndon als in Paris der SO Wind wärmer als der SW Wind,
hts desto weniger steht das Barometer bei jenem höher als bei
:sem. Versuchen wir es überhaupt, den mittlern Barometer-
ind bei verschiedenen Winden zu berechnen, indem wir dazu den
usdruck

$$B_t = b\ (1 + at)$$

nwenden, wo B_t den Barometerstand bezeichnet, welcher bei
em Winde Statt findet, zu welchem die Temperatur t gehört,
den Luftdruck, wenn die Atmosphäre am Boden plötzlich bis 0°
rkaltet wurde, und nun von allen Seiten frei Luft hinzuströmen
önnte, a aber einen constanten Coefficienten, dann finden wir mehr
der minder bedeutende Differenzen zwischen den beobachteten und
erechneten Werthen. Ich glaube, wir müssen bei Betrachtung
ieses Umstandes noch auf die allgemeine Luftströmung Rücksicht
ehmen. Wir haben früher gesehen [24]), daß ein Wind zwischen
S und W in der nördlichen Halbkugel vorherrschend ist. Weht
iesem ein Wind aus einer andern Richtung entgegen, so wird da-
urch eine Anhäufung der Luft über dem Beobachtungsorte be-
ingt, welche desto größer wird, je mehr beide Winde entgegen-
esetzt sind. Fiele die allgemeine Luftströmung z. B. mit SW zu-
ammen, so würde bei NO Wind diese Anhäufung am größten
eyn, das Barometer also bei NO höher stehen, als es die Tem-
eraturverhältnisse erfordern würden. Nehmen wir an, die
Windrichtung fiele mit SW zusammen, und zählen wir dann auf
eiden Seiten die Winkel bis 180°, so ist die durch das Zusam-
ientreffen der Winde erzeugte Größe der Anhäufung proportional
it $\sin \frac{1}{2} x$, wo x den Winkel des herrschenden Luftstromes mit
em SW Winde bezeichnet. Um jedoch keinen Fehler im Betreff
er mittlern Windrichtung zu begehen, wollen wir den Anfangs-
unkt der Kreistheilung nur nach SW legen und einen constan-
en Hülfswinkel v hinzufügen, welcher den Winkel zwischen der
llgemeinen Luftströmung und SW angiebt. Zählen wir dann
ie Winde von SW aus und sind β, a, und c constante Größen,
die dem nten Winde (von SW aus gerechnet) entsprechende Tem-
eratur, B_n der zugehörige Barometerstand, so ist

$$B_n = \beta + a \sin \tfrac{1}{2} (v + n \cdot 45^\circ) + ct.$$

24) Bd. I. S. 215 fg.

Bestimmen wir die Constanten dieses Ausdruckes für Pa[illegible] so wird [25])

$$B_n = 343''',820 + 0''',9801 \sin\tfrac{1}{2}(19^\circ 42' + n \,.\, 45^\circ) - 0''',677 \,.\, t$$

Die folgende Tafel enthält die Vergleichung zwischen den beobac[illegible]teten und den nach dieser Gleichung berechneten Größen:

Wind	t	Beobachtet	Berechnet	Unterschied
N	12°,02	336''',50	336''',51	+ 0''',01
NO	11,76	6,68	6,83	+ 0,05
O	13,50	5,68	5,65	— 0,03
SO	15,25	4,26	4,30	+ 0,04
S	15,43	3,87	3,90	+ 0,03
SW	14,92	4,03	3,89	— 0,14
W	13,64	4,94	4,81	— 0,13
NW	12,39	5,92	6,00	+ 0,08

Die Unterschiede zwischen den beobachteten und berechneten Größe[illegible] sind so unbedeutend, daß wir sie übersehen können. Die Rich[illegible]tung der mittlern Luftströmung ist zufolge des obigen aus den Ba[illegible]rometerständen hergeleiteten Ausdruckes S 64° 42′ W, die di[illegible]recten Windbeobachtungen geben dafür S 68° W [26]); der Unte[illegible]schied zwischen beiden ist so unbedeutend, daß er keine Beachtun[illegible] verdient.

Ist diese Hypothese richtig, so sehen wir auch, weshalb de[illegible] höchste Barometerstand weit näher von O liegt, als der niedrigst[illegible] Thermometerstand. Zwar findet die kleinste Wärme bei einem Winde Statt, welcher nur einige Grade östlich von N liegt, die vorherrschende Luftströmung aber fällt mehr oder weniger mit W zusammen. Würde daher die Abhängigkeit des Luftdruckes nur durch die Temperatur bestimmt, so würde das Maximum mehr bei N liegen; wäre nur die erwähnte Anhäufung der Luft wirk[illegible]sam, so fiele es mit O zusammen, beide Umstände combinirt geben uns nahe NO.

Zugleich sehen wir hieraus, weshalb die barometrische Wind[illegible]rose von den Jahreszeiten abhängt, ohne daß immer der niedrigste Ba[illegible]

25) Allgemeine Literaturzeitung 1828. Erg. Bl. S. 546.

26) Bd. I. S. 223.

arometerstand und der höchste Thermometerstand zusammen-
llen. So geben uns die Stockholmer Beobachtungen folgende
rößen:

Wind	Winter	Frühling	Sommer	Herbst
N	335''',64	336''',44	335''',37	336''',48
NO	4,90	6,80	6,13	7,58
O	4,77	6,80	5,70	5,36
SO	3,05	5,84	4,85	4,57
S	2,56	5,60	4,98	3,60
SW	3,74	4,89	4,30	4,37
W	3,50	5,91	5,62	5,76
NW	4,61	6,22	4,77	5,85

Im Winter ist S derjenige Wind, bei welchem das Barometer
m niedrigsten steht, nicht blos weil er der wärmste ist, sondern
uch weil er mit der mittlern Luftströmung nahe zusammenfällt.
Im Sommer dagegen, wo der Wind mehr nach Norden gerückt
t, finden wir, daß beim SO, welcher der allgemeinen Luft-
römung entgegengesetzt ist, der Luftdruck größer sey, als bei SW,
ngeachtet die Temperatur beider wenig verschieden ist. Eben
ieses beweisen die Resultate der Messungen zu London, Paris,
Moscau und Ofen. Allenthalben ist der SO Wind im Sommer
värmer als der SW [27]), aber dennoch entspricht jenem wegen
er Anhäufung der Luftmassen ein höherer Barometerstand, als
iesem. Ich übergehe jedoch hier die nähere Untersuchung dieses
Gegenstandes, weil zur Auffindung so kleiner Differenzen Messun-
en erforderlich seyn würden, bei denen zunächst der Einfluß der
Dampfatmosphäre entfernt wäre, und ich verweise denjenigen,
velcher den Gegenstand näher prüfen will, auf die von Dove [28])
us den Pariser Beobachtungen hergeleiteten Größen.

In dieser Abhandlung macht Dove auf einen Umstand auf-
merksam, welcher sehr zu Gunsten seiner früher erwähnten Hypo-
these über die Drehung des Windes spricht, indem er nachweist,
aß man sich des Barometers bedienen könne, die Richtung in der
Aenderung des Windes zu finden. Während in dem Pariser

27) S. oben S. 28.

28) Poggendorff's Annalen XI, 545.

Journale nur eine einzige Windrichtung mitgetheilt wird, w
entweder die mittlere oder die um Mittag beobachtete ist, fi
wir vier Angaben des Luftdruckes, um 21^h, 0^h, 3^h und
Nennen wir nun den westlichen Theil der Windrose, vom bar
trischen Minimum bis zum barometrischen Maximum, die W
seite der Windrose, den übrig bleibenden Theil derselben die
seite, so wird, wenn der Wind im Mittel sich in der Richtu

N, O, S, W

durch die Windrose dreht, unter den Windrichtungen, aus
das Mittel genommen ist, auf der Westseite die Abendbeo
tung dem mehr nördlichen Winde entsprechen, auf der O
den südlicheren. Abstrahiren wir also von den täglichen Var
nen, so wird auf der Westseite der Windrose
Barometer vom Morgen bis Abend continui
steigen müssen, auf der Ostseite fallen. In de
genden Tafel ist die barometrische Windrose um 21^h und 9^h
der Zusammenstellung von Dove in Millimetern mitgetheilt
letzte Spalte enthält die Aenderung vom Morgen bis zum
mit Berücksichtigung der täglichen Variation; das Zeichen –
deutet, daß das Barometer gesunken, + daß es gestiegen i

Wind	21 Uhr	9 Uhr	Aenderung in 12 Stunden
N	759,79	760,00	+1,29
NNO	759,45	759,26	—0,17
NO	9,66	9,43	—0,23
ONO	8,53	7,36	—1,17
O	7,79	6,58	—1,21
OSO	4,43	3,03	—1,40
SO	4,34	3,17	—1,17
SSO	4,18	3,02	—1,16
S	3,18	2,04	—1,14
SSW	2,66	1,53	—1,13
SW	3,46	3,25	—0,21
WSW	4,51	4,58	+0,07
W	4,65	5,65	+1,00
WNW	6,14	7,50	+1,36
NW	7,41	8,57	+1,16
NNW	6,89	8,26	+1,37

In Beziehung auf den Gang des Barometers ausgesprochen, ist die regelmäßige Drehung des Windes: das Barometer steigt mit westlichen Winden, fällt mit östlichen.

Die Orte, an denen wir bisher die barometrischen Windrosen betrachtet haben, gehören zu der nördlich von den Alpen liegenden Gruppe europäischer Klimate. Wie es sich in dieser Hinsicht in andern Gegenden der Erde verhalte, ist noch nicht untersucht. Es ist sehr zu wünschen, daß Beobachter im südlichen Frankreich, Italien und dem östlichen Europa ihre Aufmerksamkeit auf diesen Gegenstand richten. An den östlichen Küsten der Continente konnte ich nur zweijährige (1785 u. 86) gute Beobachtungen von Williams zu Cambridge [29]) und 6jährige regelmäßige Beobachtungen von Amiot zu Pecking [30]) benutzen. Wenn beide auch mehr Aufzeichnungen in jenen Gegenden wünschen, so können sie doch dazu dienen, die Verhältnisse im Allgemeinen zu übersehen. Ich habe beiden noch die Resultate des Tagebuches hinzugefügt, welches Wales im Fort Churchill an der Hudsonsbai hielt [31]).

Wind	Cambridge	Pecking	Fort Churchill
N	335''',94	335''',58	335''',48
NO	6,34	5,48	4,89
O	6,96	4,46	4,59
SO	5,61	3,32	4,86
S	5,33	4,23	4,19
SW	5,39	4,11	4,39
W	5,99	4,99	5,21
NW	6,87	5,85	8,62

An allen Orten sind also die südlichen Winde diejenigen, bei denen das Barometer am niedrigsten steht, dagegen scheint sowohl in Cambridge als Pecking das Barometer höher zu stehen, wenn der Wind aus N kommt, als bei NO, offenbar wegen geringerer Temperatur der nordwestlich liegenden Gegenden. Künftige Un-

29) In den Mannheimer Ephemeriden.
30) Mém. prés. VI, 519.
31) Phil. Trans. 1770. p. 137.

tersuchungen, wenn eine größere Zahl von Messungen bekannt gemacht seyn wird, müssen dieses Verhalten näher bestimmen.

Es ist bereits früher erwähnt, daß es gegenwärtig bei Vergleichung der unregelmäßigen Barometerschwankungen in verschiedenen Gegenden am vortheilhaftesten ist, den mittlern Unterschied zwischen den Extremen in jedem Monate zu berücksichtigen, da es uns noch ganz an Thatsachen fehlt, um die unregelmäßigen Aenderungen während eines Tages in verschiedenen Gegenden zu vergleichen. Es ist ferner bemerkt, daß das Mittel der Unterschiede zwischen den Extremen im Laufe eines Jahres an jedem Orte nahe constant sey, so daß wir durch Messungen von wenigen Jahren Größen erhalten, welche der Wahrheit sehr nahe kommen. Eine nähere Betrachtung dieser Differenzen zeigt uns dieselbe Abhängigkeit von den Jahreszeiten, welche wir bereits oben von den unregelmäßigen täglichen Aenderungen bemerkten. L. v. Buch, welcher zuerst die Aufmerksamkeit der Physiker auf diesen Umstand lenkte[32], machte bereits auf mehrere wichtige klimatische Differenzen in Betreff dieser monatlichen Oscillationen aufmerksam. Die folgende Tafel enthält diese Differenzen an verschiedenen Orten der nördlichen Halbkugel.

---

32) Gilbert's Annalen V, 10.

nat	Havanna 33)	Sta. Cruz Teneriffa 34)	Funchal Madera 35)	Rom 36)	St. Gotthardt 37)
ır	5''',0	7''',0	6''',5	11''',2	10''',8
ar	4,0	5,6	5,9	10,2	10,0
	3,2	5,3	5,2	9,5	8,9
	2,4	4,5	5,4	8,0	8,0
	1,4	3,1	4,3	7,0	7,7
s	1,9	1,9	3,6	4,9	6,1
s	1,6	2,1	2,4	4,2	5,6
t	1,6	2,1	2,3	4,1	5,7
mber	2,8	2,3	3,2	5,7	7,1
er	3,7	3,7	4,7	7,6	7,4
nber	2,6	3,4	5,6	8,7	8,6
ıber	3,8	4,2	6,2	10,0	9,5
	2,84	3,76	4,62	7,60	7,96

nat	Turin 38)	Ofen 39)	Padua 40)	München 41)	Regensburg 42)
ır	11''',1	13''',0	12''',7	13''',0	12''',8
ar	10,2	11,0	11,4	12,2	12,6
	10,0	11,0	11,0	10,9	11,8
	8,7	8,7	9,1	9,5	10,1
	6,6	7,6	7,2	7,1	8,3
s	6,2	6,2	6,1	6,8	6,9
s	5,4	5,6	5,7	6,0	6,3
t	4,7	5,6	5,5	6,3	6,7
mber	6,4	6,9	7,4	8,2	8,4
er	8,2	8,4	8,9	9,0	9,7
nber	9,0	10,5	9,8	10,7	10,7
ıber	9,7	11,6	11,6	11,4	12,9
	8,02	8,83	8,87	9,26	9,76

3 Jahre, nämlich 1 Jahr von Robredo bei Humboldt Voyage XI, 271. und 2 Jahre von Ramond de la Sagra in ibl. univ. April u. Mai 1827.

3 Jahre von Escolar bei Buch in Abh. d. Berl. Acad. 1818. . 100.

Ueber 8 Jahre, nämlich März 1749 bis Junius 1753 von Heberen in Phil. Trans. XLII, 358. und 1826—29 von Heinecken n Phil. Mag. N. S. II, 370, Brewster's Edinb. Journ. of c. X, 73. N. S. I, 34. u. III, 238.

20jähr. Beob. von Calandrelli bei Buch in Abh. d. Berl. cad. 1818. p. 100.

11jähr. Beob. (Junius 1781 — Decbr. 1792) von Onuphrius in n Mannh. Ephem.

20jähr. Beob. 1787—1806) von Bonin, mitgetheilt von Vasali-Eandi in Mém. de Turin 1805. S. 37.

10jähr. Beob. (1782—86, 88—92) von Weiß und Bruna in n Mannh. Ephem.

12jähr. Beob. 1781—92) von Toaldo in den Mannh. Ephem.

12jähr. Beob. (1781—92) von Hucbpauer in den Mannh. Ephem.

20jähr. Beob. von Pl. Heinrich bei Cotte Mém. II, 522, n den Mannh. Ephem. und in Schweigger's Jahrbuch. 4.

Monat	Paris [43])	Berlin [44])	Hamburg [45])	Brüssel [46])	Copenhagen [47])	Stockholm [48])
Januar	13''',2	14''',4	14''',4	14''',8	15''',1	16''',[illegible]
Februar	13,0	14,6	13,7	14,1	15,6	17,0
März	12,0	12,5	14,7	12,4	13,7	13,1
April	11,5	11,0	10,7	10,9	12,7	11,3
Mai	9,0	9,2	9,6	9,3	9,8	11,5
Junius	8,2	7,6	8,6	8,3	8,7	10,6
Julius	6,8	7,5	7,0	8,0	8,6	8,7
August	7,8	7,9	7,3	8,8	9,3	10,6
Septbr.	9,7	10,3	9,6	10,7	11,7	13,1
October	8,0	10,7	11,8	11,3	13,0	14,2
Novbr.	12,2	13,5	12,9	13,2	14,4	15,9
Decbr.	14,2	15,0	14,5	14,6	15,2	17,0
Jahr	10,49	11,19	12,21	11,37	12,31	13,24

Die sämmtlichen in der obigen Tafel mitgetheilten Größ zeigen hinreichend, daß das Barometer im Sommer weit ruhig steht, als im Winter. Um jedoch die noch vorhandenen Anomalie zu entfernen und den Gang des Phänomenes besser zu überseh will ich auf diese Größen den Ausdruck

$$D_n = D + a \sin (n \,.\, 30^\circ + v) + b \sin (n \,.\, 60^\circ + v')$$

anwenden, wo D_n die dem nten Monate entsprechende Differen zwischen den Extremen angiebt, a, b, v, v' und D constant durch die Beobachtungen zu bestimmende Größen sind. Wir dann das Jahr vom 1sten Januar an gerechnet, so erhalten wi folgende Gleichungen:

Havanna:

$$D_n = 2''',833 + 1''',324 \sin \left\{(n+\tfrac{1}{2})\, 30^\circ + 79^\circ\, 8'\right\}$$
$$+ 0''',335 \sin \left\{(n+\tfrac{1}{2})\, 60^\circ + 4^\circ\, 57'\right\}$$

---

43) 42jähr Beob., nämlich 33 Jahre von Messier bei Cotte Mém II,489 und 9 Jahre (1818—26) auf der Sternwarte.

44) 16jähr. Beob. von Beguelin bei Cotte Mém. II,260. u Buch in Abh. d. Berl. Acad. 1818. S. 109.

45) 18jähr. Beob. bei Buek Hamburg's Klima und Witterung S. 6

46) 18jähr. Beob., nämlich 8 Jahre von Poéderlé bei Cot Mém. II,281 und in den Mannh. Ephem.

47) 16jähr. Beob. von Bugge, nämlich 1766—75 bei Cotte M II,213 und 1782—88 in den Mannh. Ephem.

48) 10jähr Beob. (1783—92) von Nicander in den Mannh. Ephe

Santa Cruz auf Teneriffa:

$$= 3''',762 + 2''',066 \sin\left\{\left(n + \tfrac{1}{2}\right) 30^\circ + 56^\circ\ 8'\right\} + 0''',404 \sin\left\{\left(n + \tfrac{1}{2}\right) 60^\circ + 348^\circ\ 16'\right\}$$

Funchal auf Madera:

$$= 4''',617 + 1''',677 \sin\left\{\left(n + \tfrac{1}{2}\right) 30^\circ + 64^\circ\ 7'\right\} + 0''',461 \sin\left\{\left(n + \tfrac{1}{2}\right) 60^\circ + 152^\circ\ 20'\right\}$$

Rom:

$$= 7''',600 + 3''',286 \sin\left\{\left(n + \tfrac{1}{2}\right) 30^\circ + 66^\circ\ 59'\right\} + 0''',231 \sin\left\{\left(n + \tfrac{1}{2}\right) 60^\circ + 284^\circ\ 25'\right\}$$

St. Gotthardt:

$$= 7''',956 + 2''',217 \sin\left\{\left(n + \tfrac{1}{2}\right) 30^\circ + 66^\circ\ 50'\right\} + 0''',069 \sin\left\{\left(n + \tfrac{1}{2}\right) 60^\circ + 87^\circ\ 34'\right\}$$

Turin:

$$= 8''',018 + 3''',111 \sin\left\{\left(n + \tfrac{1}{2}\right) 30^\circ + 67^\circ\ 27'\right\} + 0''',310 \sin\left\{\left(n + \tfrac{1}{2}\right) 60^\circ + 258^\circ\ 18'\right\}$$

Ofen:

$$= 8''',835 + 3''',396 \sin\left\{\left(n + \tfrac{1}{2}\right) 30^\circ + 70^\circ\ 52'\right\} + 0''',316 \sin\left\{\left(n + \tfrac{1}{2}\right) 60^\circ + 126^\circ\ 24'\right\}$$

Padua:

$$= 8''',873 + 3''',346 \sin\left\{\left(n + \tfrac{1}{2}\right) 30^\circ + 71^\circ\ 11'\right\} + 0''',085 \sin\left\{\left(n + \tfrac{1}{2}\right) 60^\circ + 337^\circ\ 56'\right\}$$

München:

$$= 9''',264 + 3''',218 \sin\left\{\left(n + \tfrac{1}{2}\right) 30^\circ + 73^\circ\ 40'\right\} + 0''',266 \sin\left\{\left(n + \tfrac{1}{2}\right) 60^\circ + 349^\circ\ 2'\right\}$$

Regensburg:

$$= 9''',760 + 3''',310 \sin\left\{\left(n + \tfrac{1}{2}\right) 30^\circ + 71^\circ\ 24'\right\} + 0''',154 \sin\left\{\left(n + \tfrac{1}{2}\right) 60^\circ + 283^\circ\ 8'\right\}$$

Paris:

$$= 10''',488 + 3''',179 \sin\left\{\left(n + \tfrac{1}{2}\right) 30^\circ + 68^\circ\ 14'\right\} + 0''',185 \sin\left\{\left(n + \tfrac{1}{2}\right) 60^\circ + 111^\circ\ 56'\right\}$$

Berlin:

$$D_n = 11''',195 + 3''',736 \sin\{(n+\tfrac{1}{2})\,30^\circ + 80^\circ\,32'\} + 0''',013 \sin\{(n+\tfrac{1}{2})\,60^\circ + 326^\circ\,20'\}$$

Hamburg:

$$D_n = 11''',207 + 3''',711 \sin\{(n+\tfrac{1}{2})\,30^\circ + 73^\circ\,11'\} + 0''',411 \sin\{(n+\tfrac{1}{2})\,60^\circ + 233^\circ\,57'\}$$

Brüssel:

$$D_n = 11''',367 + 3''',263 \sin\{(n+\tfrac{1}{2})\,30^\circ + 80^\circ\,26'\} + 0''',129 \sin\{(n+\tfrac{1}{2})\,60^\circ + 21^\circ\,3'\}$$

Copenhagen:

$$D_n = 12''',313 + 3''',493 \sin\{(n+\tfrac{1}{2})\,30^\circ + 82^\circ\,21'\} + 0''',504 \sin\{(n+\tfrac{1}{2})\,60^\circ + 276^\circ\,0'\}$$

Stockholm:

$$D_n = 13''',245 + 3''',753 \sin\{(n+\tfrac{1}{2})\,30^\circ + 92^\circ\,45'\} + 0''',118 \sin\{(n+\tfrac{1}{2})\,60^\circ + 130^\circ\,35'\}$$

Um hier nicht zu ausführlich zu werden, übergehe ich eine nähere Vergleichung der beobachteten und berechneten Werthe; an allen Orten stimmen diese so gut überein, als man es bei einer Untersuchung dieser Art verlangen kann. Erwägen wir nun genauer die Bedeutung der Größen, welche obige Tafel enthält, so müssen wir sie als mittlere Werthe der Gränzen ansehen, zwischen denen sich der Stand des Barometers in einem Zeitraume von 30 Tagen befindet, dessen Mitte genau dem 15ten eines jeden Monates entspricht. Ganz auf dieselbe Art können wir diese Gränzen in jeder andern beliebig im Jahre liegenden Zeitintervalle von 30 Tagen berechnen, wofern wir nur den der Mitte entsprechenden Werth von n in die obigen Formeln setzen. Folgern wir also z. B. aus der Gleichung, welche den Gang dieses Phänomenes in Paris ausdrückt, der kleinste Werth von D_n entspreche dem 28sten Julius, so heißt dieses, der Unterschied zwischen den Extremen sey am kleinsten, das Barometer stehe also am ruhigsten in dem Zeitraume von 30 Tagen, in dessen Mitte der 28ste Julius liegt, also in der Zeit vom 13ten Julius bis zum 13ten August. Ganz dasselbe müssen wir von den Tagen annehmen, welchen der größte

der mittlere Werth dieses Unterschiedes zwischen den Extremen entspricht.

Betrachten wir nun die obigen Ausdrücke näher, so zeigt sich eine sehr große Uebereinstimmung zwischen den Werthen des Hülfswinkels v im zweiten Gliede auf der rechten Seite des Gleichheitszeichens, indem nur Santa Cruz und Stockholm eine bedeutende Abweichung von den übrigen Größen zeigen. Aber dieser Winkel ist es auch vorzüglich, von welchem der Gang des Phänomenes im Laufe des Jahres abhängt; es wird sich also der mittlere Werth

$$v = 72^\circ\, 48'$$

sehr wenig von der Wahrheit entfernen. Weniger läßt sich über die Größe des Hülfswinkels im zweiten Gliede sagen, da dieser fast in allen Quadranten liegt; auch die Coefficienten zeigen keine solche Uebereinstimmung, daß man ihre Abhängigkeit von dem mittlern Werthe oder den Extremen durch eine so einfache Relation angeben könnte, als bei Betrachtung des Ganges der Temperatur geschah [49]). Jedoch setzt uns die Kenntniß dieses Hülfswinkels in den Stand, den Gang und den mittlern Werth dieses Umfanges der mittlern Oscillationen auch an solchen Orten zu bestimmen, wo kein ganzes Jahr hindurch regelmäßige Messungen angestellt sind. Haben wir nur diese Differenzen in wenigstens vier Monaten, so lassen sich in der Function

$$D_n = D + a \sin\left\{(n + \tfrac{1}{2})\, 30^\circ + 72^\circ\, 48'\right\}$$
$$+ b \sin\left\{(n + \tfrac{1}{2})\, 60^\circ + v'\right\}$$

die fehlenden Größen leicht bestimmen. Selbst dann, wenn in höhern Breiten nur ein oder wenige Jahre hindurch beobachtet ist, giebt dieser Ausdruck für den mittlern Werth D ein Resultat, welches der Wahrheit näher kommt, als das arithmetische Mittel der in den einzelnen Monaten erhaltenen Größen.

Das erste veränderliche Glied unserer Formel läßt sich etwas anders schreiben; nach den bekannten Relationen zwischen den trigonometrischen Linien in den verschiedenen Quadranten ist nämlich

$$a \sin\left\{(n + \tfrac{1}{2})\, 30^\circ + 72^\circ\, 48'\right\} =$$
$$- a \sin\left\{(n + \tfrac{1}{2})\, 30^\circ + 252^\circ\, 48'\right\}$$

49) Bd. I. S. 124.

Als wir früher den Gang der Temperatur im Laufe des Jahres untersuchten, so erhielten wir [50])

$$a \sin \left\{(n + \tfrac{1}{2})\, 30^\circ + 248^\circ\, 54'\right\}$$

Beide Hülfswinkel stimmen also so überein, daß wir den Unterschied von 4° ganz übersehen können, da er vielleicht ganz verschwinden würde, wenn wir der Bestimmung beider eine größere Zahl von Beobachtungen zum Grunde gelegt hätten. Der Gang beider im Laufe des Jahres vor sich gehenden Aenderungen ist also völlig übereinstimmend, wie dieses schon L. v. Buch bemerkt hat [51]), und nur in Betreff des Zeichens findet ein Gegensatz Statt [52]).

Dieselbe Uebereinstimmung in der Abhängigkeit beider Phänomene von den Jahreszeiten zeigt auch die Lage der Tage, welche in der Mitte derjenigen 30 Tage liegen, in denen das Barometer am unruhigsten oder ruhigsten ist. Wir erhalten dafür folgende Tage:

	Maximum	Minimum
Havannah	25 Januar	20 Junius
Sta. Cruz	11 Februar	14 Julius
Funchal	30 December	12 August
Rom	1 Februar	17 Julius
St. Gotthardt	21 Januar	26 Julius
Turin	28 Januar	24 Julius
Ofen	11 Januar	30 Julius
Padua	15 Januar	15 Julius
München	24 Januar	5 Julius
Regensburg	23 Januar	14 Julius
Paris	18 Januar	28 Julius
Berlin	10 Januar	9 Julius

50) Bd. I. S. 126.

51) Gilbert's Annalen l. l.

52) Das arithmetische Mittel der einzelnen Werthe des Hülfswinkels v′ ist 208° 35′, oder wenn wir dem Coefficienten b das Minuszeichen geben, 28° 35′; in dem Ausdrucke für den Gang der Temperatur war derselbe 353° 46′, der Unterschied beider beträgt 44° 49′, doch ist die Größe dieses Hülfswinkels beim vorliegenden Probleme so unbestimmt, daß sich nichts Allgemeines über seinen mittlern Werth angeben läßt.

	Maximum	Minimum
Hamburg	17 Januar	18 Julius
Brüssel	13 Januar	5 Julius
Copenhagen	19 Januar	18 Julius
Stockholm	25 December	29 Junius

Eine Abhängigkeit von der Breite scheint hier nicht vorhanden zu seyn. Nehmen wir das Mittel aus diesen Messungen, so erhalten wir

Maximum 19 Januar, Minimum 16 Julius.

Das Barometer steht also am unruhigsten in der Zeit vom 4ten Januar bis zum 4ten Februar, am ruhigsten im Julius.

Die Tage, welche die Zeit angeben, wo die unregelmäßigen Schwankungen einen dem mittlern jährlichen gleichen Werth haben, sind folgende:

Havannah	7 April	20 October
Sta. Cruz	27 April	13 November
Funchal	6 Mai	22 October
Rom	25 April	21 October
St. Gotthardt	22 April	29 October
Turin	26 April	21 October
Ofen	16 April	13 October
Padua	19 April	21 October
München	14 April	18 October
Regensburg	20 April	17 October
Paris	20 April	23 October
Berlin	10 April	10 October
Hamburg	22 April	11 October
Brüssel	7 April	10 October
Copenhagen	14 April	1 October
Stockholm	26 März	29 September

Als Mittel erhalten wir

18 April und 18 October.

Die unregelmäßigen Bewegungen des Barometers erreichen also ihren mittlern Werth im April und October, das Mittel dieser

beiden Monate stimmt also nahe mit der mittlern jährlichen Größe überein, wie ich dieses schon früher bemerkt habe [53]).

Diese vier Tage stimmen sehr nahe mit denjenigen überein, welche früher für die analogen Punkte in den jährlichen Temperaturen gegeben wurden [54]). Wir finden nämlich:

Temperatur		Barometerschwankungen	
Minimum	14 Januar	Maximum	19 April
Medium	24 April	Medium	18 April
Maximum	26 Julius	Minimum	16 Julius
Medium	21 October	Medium	18 October

Die Unterschiede zwischen beiden sind völlig zu übersehen. Die große Uebereinstimmung, welche wir in dem Obigen zwischen dem Gange der Temperatur und dem der unregelmäßigen Bewegungen des Barometers erkannt haben, zeigt aufs Neue, wie innig die Oscillationen im Drucke der Luft mit denen der Temperatur zusammenhängen. Im Winter, wo die directe Einwirkung der Sonne auf die Erwärmung der Luft einen weit geringern Einfluß hat, als die gehemmte oder beförderte Ausstrahlung der Luft, sind bedeutende Wärmedifferenzen zwischen benachbarten Gegenden und mithin unregelmäßige Bewegungen der Luft weit leichter möglich, als im Sommer. Es darf nur der Himmel über einer großen Landstrecke bewölkt, über einer andern heiter seyn, so wird dort eine hohe, hier eine niedrige Temperatur Statt finden, Luftströmungen und unregelmäßige Bewegungen des Barometers sind eine Folge davon. Aber die Winde selbst müssen in den verschiedenen Jahreszeiten einen sehr ungleichen Einfluß auf die Aenderung der Temperatur und mithin auf die Oscillationen des Luftdruckes haben. Bleiben wir hier nur bei der Temperaturdifferenz in demselben Meridiane stehen, so ist diese im Sommer weit geringer als im Winter. So beträgt der mittlere Unterschied der Temperatur zwischen Rom und Upsala im Winter 12°,5, im Sommer 7°,1, zwischen Upsala und Enontekis im Winter 13°,4, im Sommer 3°,0. Luftmassen, die stets aus derselben Gegend

53) Allgemeine Literatur-Zeitung, November 1823. No. 271. S. 512 und Schweigger's Jahrb. N. R. XXI, 168.

54) Bd. I. S. 127.

kommen, haben daher im Winter einen weit größern Einfluß auf die Wärme, als im Sommer; daher ändert sich nach dem oben Gesagten [54a]) das Thermometer in der letztern Jahreszeit weniger [55]) und die Oscillationen des Differentialthermometers, wofür wir oben das Barometer ausgegeben haben [56]), sind im Winter größer.

Die Größe der unregelmäßigen Bewegungen wird desto bedeutender, je weiter wir uns vom Aequator entfernen. Diese Abhängigkeit der Barometerschwankungen von der Breite ist ein so wichtiger Umstand, daß Saussure behauptete, ein jeder Versuch, die Barometerschwankungen zu erklären, müßte vorzüglich ausgehen, dieses Problem zu lösen [57]). In neuern Zeiten machte besonders Humboldt wieder auf die geringe Größe der Oscillationen zwischen den Wendekreisen aufmerksam: er nimmt an, daß die unregelmäßigen Bewegungen daselbst nicht vorhanden wären [58]), und diese Behauptung ist in der Folge von andern Physikern wiederholt worden. Aber Humboldt's eigene Beobachtungen zeigen keinesweges einen so regelmäßigen Gang, als man hiernach erwarten sollte, wie dieses von Hällström [59]) und früher von mir bemerkt worden ist [60]). Andere Beobachter haben zwischen den Wendekreisen ähnliche, wenn auch geringere Differenzen im Drucke der Luft erkannt, als in höhern Breiten beobachtet worden sind. So sagt Traill, daß in Calcutta das Barometer bei SO Winden regelmäßiger niedriger stehe, als bei SW Winden [61]). Eben so erwähnt Goldingham, daß Veränderungen in der Windrichtung oder im Wetter die regelmäßigen Bewegungen des Barometers im Tage in Madras stören, und zwar mehr oder minder, je nachdem die Veränderung mehr oder

54a) S. 308.

55) Wahlenberg Flora Carp. p. XXI.

56) S. 310.

57) Saussure Hygrometrie §. 292. S. 332. Hutton in Edinb. Trans. I, 77.

58) Humboldt Voyage X, 398.

59) Poggendorff's Annalen XI, 252.

60) Schweigger's Jahrbuch N. R. XVII, 143.

61) Asiat. res. II, 456.

weniger plötzlich und heftig erscheint [62]), und eben dieses bemerkt Horsburgh auf seiner Reise im indischen Meere [63]). Dasselbe findet an der Westküste Africa's Statt, wenigstens erzählt Winterbottom, daß ein aufmerksamer Beobachter des Barometers an der Sierra Leone-Küste durch zweijährige Beobachtungen gefunden habe, daß zwar dort die Veränderungen des Barometers einigermaßen beschränkt, das Quecksilber aber innerhalb gewisser Gränzlinien eben so empfindlich sey, als bei Veränderungen der Atmosphäre in Europa [64]). Auch haben wir bereits früher bemerkt [65]), daß in Santa Fé de Bogota unregelmäßige tägliche Aenderungen vorhanden sind, ja daß die Größe, welche den Zusammenhang zwischen den unregelmäßigen Aenderungen von Wärme und Luftdruck angiebt, dieselbe sey, welche wir aus Messungen in höhern Breiten herleiten.

Ehe wir uns zur Vergleichung dieser Aenderungen in Gegenden wenden, welche nach Länge und Breite verschieden sind, scheint es zweckmäßig, den Einfluß der Höhendifferenz zu betrachten. Die Zahl der Messungen, welche einer Untersuchung hierüber zu Grunde gelegt werden konnten, ist leider sehr klein, und deshalb sind auch die Ansichten der Meteorologen so widersprechend. Die Schweizer Physiker behaupteten, die Oscillationen seyen in der Höhe geringer als in den Ebenen, namentlich war dieses die Meinung von Daniel Bernoulli [66]), Lambert [67]) und Saussure [68]). Dagegen glaubt Wahlenberg, das Barometer sey in höher gelegenen Gegenden auch lebhaftern Bewegungen unterworfen, als in der Tiefe, weil dort die Temperatur sich wegen der Nähe der Wolken, des Schnees u. s. w. mehr ändere, und er glaubt, daß dieses die Beobachtungen auf dem St. Gotthardt bewiesen [69]). Aber gerade diese zeigen, daß die zuerst mitgetheilte Meinung die richtigere sey. Die mittlere

62) Berghaus Annalen 1830 October, S. 57.
63) Phil. Trans. 1805. S. 179.
64) Winterbottom Nachrichten S. 50.
65) S. 306 u. 312.
66) Acta helvet. I u. II.
67) Ibid. III, 354.
68) Saussure Reisen IV, 354. §. 1123.
69) Wahlenberg Flora Carp. p. XXI.

:r monatlichen Differenzen ist hier 7''',96 in einer Breite
0', sie ist in Padua (45° 24' N) 8''',87, in Mailand
5' N) 8''',53, beides ungeachtet der geringern Breite
ls in der Höhe. Das Gesetz, in welchem diese Abnahme
llationen erfolgt, ist noch unbekannt. Die Behauptung,
h früher aufgestellt habe, daß sich nämlich der Umfang
llationen bei einerlei geographischer Lage verhielte wie der
Barometerstand [70]), hat sich bei näherer Prüfung als
erwiesen.

tellen wir die Größen der mittlern monatlichen Differenzen
n, so zeigt sich ihre Abhängigkeit von der Polhöhe aufs
enste. Ich will hier dieses Element an einigen Orten
:küste des alten Continentes mittheilen.

Ort	Breite	Beobachtet	Berechnet	Unterschied
:eone Küste	8° 30' N	1''',97	1''',27	— 0''',70
ı	28. 28	3,76	4,49	+ 0,73
	32. 37	4,66	5,21	+ 0,55
	43. 42	8,52	8,40	— 0,12
	44. 6	8,43	8,43	0
ɪg	44. 50	9,61	9,07	— 0,54
elle	46. 9	10,27	10,46	+ 0,19
	46. 35	9,95	10,60	+ 0,65
	47. 13	10,16	10,79	+ 0,63
	47. 21	9,74	10,84	+ 1,01
s	48. 27	10,27	10,87	+ 0,60
.lo	48. 39	11,45	11,25	— 0,20
	48. 54	10,12	11,33	+ 1,21
g	50. 11	11,05	11,73	+ 0,68
:e	50. 12	11,27	11,73	+ 0,46
ıth	50. 22	12,20	11,78	— 0,42
ıth	50. 41	11,63	11,88	+ 0,25
t	50. 48	12,72	11,92	— 0,80
:hen	51. 2	12,26	11,99	— 0,27
	51. 27	11,86	12,12	+ 0,26
›urg	51. 30	12,85	12,14	— 0,71

[70]) chweigger Jahrb. N. R. XVII, 159.

Ort	Breite	Beobachtet	Berechnet	Unterschied
London	51° 31 N	12''',36	12''',14	— 0''',22
Haag	52. 5	11,95	12,31	+ 0,36
Amsterdam	52. 22	12,73	12,40	— 0,33
Franecker	52. 36	12,38	12,47	+ 0,09
Sparerdam	52. 59	12,09	12,54	+ 0,45
Edinburgh	55. 57	13,82	13,47	— 0,35
Christiania	59. 55	14,62	14,32	— 0,30
Bergen	60. 24	13,86	14,73	+ 0,87

Die Größe der unregelmäßigen Bewegungen des Barometers nimmt also ziemlich regelmäßig mit der Breite zu, da die Anomalieen, welche die Tafel zeigt, ihren Grund zum Theil darin haben, daß die Beobachtungen nicht hinreichend lange und gleich häufig am Tage angestellt sind. Die Zunahme dieser Größe läßt sich annähernd durch denselben Ausdruck darstellen, welchen wir der Untersuchung der Wärmeverhältnisse zum Grunde legten. Ist nämlich D_φ die der Breite φ entsprechende Differenz zwischen dem höchsten und niedrigsten Stande während eines Monats, und sind a und b constante, durch die Messungen zu bestimmende Größen, so ist

$$D_\varphi = a + b \cos^2\varphi.$$

Werden diese Constanten für Orte bis zur Breite von 45° bestimmt, so wird

$$D_\varphi = 16''',580 - 15''',649 \cos^2\varphi.$$

Für die Orte in höhern Breiten wird

$$D_\varphi = 19''',142 - 18''',087 \cos^2\varphi.$$

Die berechneten Größen, welche in der obigen Tafel mitgetheilt sind, stimmen mit den durch directe Beobachtungen gefundenen so überein, als man es bei Untersuchungen dieser Art erwarten darf.

Vergleichen wir nun diesen mittlern Umfang der Barometerschwankungen, welche ich auf der beiliegenden Tafel für verschiedene Orte mitgetheilt habe, genauer, so zeigt sich noch eine Abhängigkeit desselben von der Länge. Er ist nämlich bei gleicher Breite an der Ostküste von America größer als an der Westküste

Eu-

i, und nimmt hierauf immer mehr ab, je weiter wir ins
des alten Continentes gehen. Diese Behauptung, welche
its vor mehrern Jahren aufstellte [11]), ist durch alle Beob-
gen, welche ich erhalten konnte, vollkommen bestätigt wor-
ine scharfe Bestimmung dieser Verhältnisse ist aber jetzt noch
öglich, da wir aus vielen Gegenden entweder gar keine oder
enige Messungen besitzen. Ich will daher so weit es jetzt
) ist, diese Größen in verschiedenen Meridianen vergleichen.
In dem Meridiane von Italien und Deutschland besitzen wir
Messungen, zum Theil mit Mannheimer Instrumenten. Um
twas südlicher liegenden Punkt zu erhalten, will ich noch
hinzufügen, obgleich dieser Ort schon zu östlich liegt.

Ort	Breite	Beobachtet	Berechnet	Unterschied
o	30° 2′	4‴,10	4‴,11	+ 0‴,01
a	41. 54	7,64	7,57	— 0,07
in	45. 4	8,02	8,54	+ 0,52
itua	45. 9	8,04	8,57	+ 0,53
ua	45. 24	8,87	8,65	— 0,22
land	45. 28	8,53	8,67	+ 0,14
nchen	48. 8	9,26	9,49	+ 0,23
sburg	48. 22	9,01	9,56	+ 0,55
g	50. 5	9,55	10,09	+ 0,54
le	51. 29	11,18	10,51	— 0,67
tingen	51. 32	11,41	10,53	— 0,88
zan	51. 42	10,89	10,58	— 0,31
lin	52. 31	11,19	10,82	— 0,37
nburg	53. 33	11,20	11,13	— 0,07
enhagen	55. 41	12,31	11,75	— 0,56
ckholm	59. 21	13,24	12,77	— 0,47
ala	59. 22	13,37	12,78	— 0,59
nea	65. 51	13,19	14,41	+ 1,22

Größen geben uns den Ausdruck

$$D_\varphi = 17''',377 - 17''',708 \cos^2\varphi.$$

ch ihm berechneten Größen sind in der obigen Tafel enthalten.

Schweigger's Jahrbuch N. R. XXI. 162.

In dem Meridiane von etwa 60° östlicher Länge sind folgende Größen für den mittlern Umfang der Barometerschwankungen gefunden:

Ort	Breite	Beobachtet	Berechnet	Unterschied
Cairo	30° 2′	4‴,10	3‴,53	—0‴,57
Bagdad	33. 20	4,64	4,40	—0,24
Aleppo	36. 11	4,03	5,18	+1,15
Kamyschin	50. 5	9,69	9,24	—0,45
Moscau	55. 46	10,74	10,85	+0,11

Diese Größen geben die Gleichung

$$D_\varphi = 16''',208 - 16''',921 \cos^2\varphi.$$

Endlich finden wir weiter östlich im Innern von Asien folgende Größen:

Ort	Breite	Beobachtet	Berechnet	Unterschied
Calcutta	22° 34	3‴,35	4‴,01	+0‴,66
Pyschminsk	57. 0	8,42	9,85	+1,43
Tomsk	59. 39	11,53	10,28	—1,25
Jakutzk	62. 2	11,49	10,65	—0,84

Die Größen werden ausgedrückt durch die Gleichung

$$D_\varphi = 12''',961 - 10''',496 \cos^2\varphi.$$

An der Ostküste von America endlich erhalten wir folgende Größen:

Ort	Breite	Beobachtet	Berechnet	Unterschied
Martinique	15° 40	2‴,29	2‴,02	—0‴,27
Domingo	18. 35	2,00	2,64	+0,64
Havanna	23. 9	2 84	3,79	+0,95
Charlestown	32. 50	6,99	6,80	—0,19
Neu=Haven	41. 10	11,21	9,81	—1,40
Cambridge	42. 23	11,37	10,27	—1,10
Nain	57. 8	14,34	15,70	+1,36

Diese Größen geben die Gleichung

$$D_\varphi = 22''',069 - 21''',624 \cos^2\varphi.$$

Es wäre wohl möglich, daß eine größere Zahl von Beob-
htungen uns nöthigen würde, für die Ostküste America's meh-
e Ausdrücke zu entwickeln, eben so wie dieses bei Untersuchung der
mperaturverhältnisse der Fall war, da es scheint, als ob auch
ses Element sich in der Breite von 40° sehr schnell, späterhin
er wieder langsamer ändere, wie die großen Differenzen zwi-
en den beobachteten und berechneten Größen zu New-Haven
d Cambridge einerseits, und zu Rain andererseits zu beweisen
einen.

Vergleichen wir nun die Ausdrücke, die wir für die verschie-
ien Meridiane gefunden haben, genauer, so zeigt sich sogleich, daß
Linien, welche diejenigen Orte verbinden, an denen die mitt-
n Barometerschwankungen gleich sind, und welche wir iso-
rometrische Linien[72]) nennen wollen, nicht mit den Brei-
kreisen parallel sind. Leiten wir aus den obigen Formeln
Parallelen her, in denen die isobarometrischen Linien von
'', 4''' ..... die einzelnen Meridiane durchschneiden, so ergiebt
folgende Tafel:

barometrische Linie von	Oestliches America	Westliches Europa	Deutschland und Italien	Rußland	Sibirien und Hindostan
2'''	15° 33'	15° 9'	21° 15'	23° 36'	.....
4'''	23. 55	26. 17	29. 38	31. 51	22° 30'
6'''	30. 27	34. 4	36. 43	39. 2	35. 29
8'''	36. 14	42. 14	43. 18	45. 51	46. 34
10'''	41. 40	47. 8	49. 48	52. 43	57. 55
12'''	46. 58	51. 4	56. 34	60. 5	72 23
14'''	52. 21	57. 47	64. 6	68. 50	.....
16'''	58. 1	65. 22	73. 48	63. 38	.....
18'''	64. 17	75. 27	....	....	.....

ie wichtigsten Resultate, zu denen wir durch diese Untersuchung
langen, sind folgende:

1) Die Oscillationen am Aequator sind sehr klein; könnten wir dieselben so bestimmen, daß gehörige Rücksicht auf die

72) In verbis simus faciles, sagt Kircher. Der Name isobarometrische Linien ist allerdings für die Linien gleicher Barometerschwankungen nicht ganz zweckmäßig, da er Linien bezeichnet, an denen der mittlere Barometerstand gleich ist.

In dem Meridiane von etwa 60° östlicher Länge sind folgende Größen für den mittlern Umfang der Barometerschwankungen gefunden:

Ort	Breite	Beobachtet	Berechnet	Unterschied
Cairo	30° 2′	4‴,10	3‴,53	−0‴,57
Bagdad	33. 20	4,64	4,40	−0,24
Aleppo	36. 11	4,03	5,18	+1,15
Kamyschin	50. 5	9,69	9,24	−0,45
Moscau	55. 46	10,74	10,85	+0,11

Diese Größen geben die Gleichung

$$D_\varphi = 16''',208 - 16''',921 \cos^2\varphi.$$

Endlich finden wir weiter östlich im Innern von Asien folgende Größen:

Ort	Breite	Beobachtet	Berechnet	Unterschied
Calcutta	22° 34	3‴,35	4‴,01	+0‴,66
Pyschminsk	57. 0	8,42	9,85	+1,43
Tomsk	59. 39	11,53	10,28	−1,25
Jakutzk	62. 2	11,49	10,65	−0,84

Die Größen werden ausgedrückt durch die Gleichung

$$D_\varphi = 12''',961 - 10''',496 \cos^2\varphi.$$

An der Ostküste von America endlich erhalten wir folgende Größen

Ort	Breite	Beobachtet	Berechnet	Unterschied
Martinique	15° 40	2‴,29	2‴,02	−0‴,27
Domingo	18. 35	2,00	2,64	+0,64
Havanna	23. 9	2 84	3,79	+0,95
Charlestown	32. 50	6,99	6,80	−0,19
Neu-Haven	41. 10	11,21	9,81	−1,40
Cambridge	42. 23	11,37	10,27	−1,10
Nain	57. 8	14,34	15,70	+1,36

Diese Größen geben die Gleichung

$$D_\varphi = 22''',069 - 21''',624 \cos^2\varphi.$$

Es wäre wohl möglich, daß eine größere Zahl von Beobachtungen uns nöthigen würde, für die Ostküste America's mehrere Ausdrücke zu entwickeln, eben so wie dieses bei Untersuchung der Temperaturverhältnisse der Fall war, da es scheint, als ob auch dieses Element sich in der Breite von 40° sehr schnell, späterhin aber wieder langsamer ändere, wie die großen Differenzen zwischen den beobachteten und berechneten Größen zu New-Haven und Cambridge einerseits, und zu Nain andererseits zu beweisen scheinen.

Vergleichen wir nun die Ausdrücke, die wir für die verschiedenen Meridiane gefunden haben, genauer, so zeigt sich sogleich, daß die Linien, welche diejenigen Orte verbinden, an denen die mittleren Barometerschwankungen gleich sind, und welche wir isobarometrische Linien [72]) nennen wollen, nicht mit den Breitenkreisen parallel sind. Leiten wir aus den obigen Formeln die Parallelen her, in denen die isobarometrischen Linien von 2''', 4''' ..... die einzelnen Meridiane durchschneiden, so ergiebt sich folgende Tafel:

Isobarometrische Linie von	Oestliches America	Westliches Europa	Deutschland und Italien	Rußland	Sibirien und Hindostan
2'''	15° 33'	15° 9'	21° 15'	23° 36'	.....
4'''	23. 55	26. 17	29. 38	31. 51	22° 30'
6'''	30. 27	34. 4	36. 43	39. 2	35. 29
8'''	36. 14	42. 14	43. 18	45. 51	46. 34
10'''	41. 40	47. 8	49. 48	52. 43	57. 55
12'''	46. 58	51. 4	56. 34	60. 5	72 23
14'''	52. 21	57. 47	64. 6	68. 50	.....
16'''	58. 1	65. 22	73. 48	63. 38	.....
18'''	64. 17	75. 27	....	....	.....

Die wichtigsten Resultate, zu denen wir durch diese Untersuchung gelangen, sind folgende:

1) Die Oscillationen am Aequator sind sehr klein; könnten wir dieselben so bestimmen, daß gehörige Rücksicht auf die

72) In verbis simus faciles, sagt Kircher. Der Name isobarometrische Linien ist allerdings für die Linien gleicher Barometerschwankungen nicht ganz zweckmäßig, da er Linien bezeichnet, an denen der mittlere Barometerstand gleich ist.

In dem Meridiane von etwa 60° östlicher Länge sind folgende Größen für den mittlern Umfang der Barometerschwankungen gefunden:

Ort	Breite	Beobachtet	Berechnet	Unterschied
Cairo	30° 2′	4‴,10	3‴,53	—0‴,57
Bagdad	33. 20	4,64	4,40	—0,24
Aleppo	36. 11	4,03	5,18	+1,15
Kampschin	50. 5	9,69	9,24	—0,45
Moscau	55. 46	10,74	10,85	+0,11

Diese Größen geben die Gleichung

$$D_\varphi = 16''',208 - 16''',921 \cos^2\varphi.$$

Endlich finden wir weiter östlich im Innern von Asien folgende Größen:

Ort	Breite	Beobachtet	Berechnet	Unterschied
Calcutta	22° 34	3‴,35	4‴,01	+0‴,66
Pyschminsk	57. 0	8,42	9,85	+1,43
Tomsk	59. 39	11,53	10,28	—1,25
Jakutzk	62. 2	11,49	10,65	—0,84

Die Größen werden ausgedrückt durch die Gleichung

$$D_\varphi = 12''',961 - 10''',496 \cos^2\varphi.$$

An der Ostküste von America endlich erhalten wir folgende Größen

Ort	Breite	Beobachtet	Berechnet	Unterschied
Martinique	15° 40	2‴,29	2‴,02	—0‴,27
Domingo	18. 35	2,00	2,64	+0,64
Havanna	23. 9	2 84	3,79	+0,95
Charlestown	32. 50	6,99	6,80	—0,19
Neu=Haven	41. 10	11,21	9,81	—1,40
Cambridge	42. 23	11,37	10,27	—1,10
Nain	57. 8	14,34	15,70	+1,36

Diese Größen geben die Gleichung

$$D_\varphi = 22''',069 - 21''',624 \cos^2\varphi.$$

Es wäre wohl möglich, daß eine größere Zahl von Beobachtungen uns nöthigen würde, für die Ostküste America's mehrere Ausdrücke zu entwickeln, eben so wie dieses bei Untersuchung der Temperaturverhältnisse der Fall war, da es scheint, als ob auch dieses Element sich in der Breite von 40° sehr schnell, späterhin aber wieder langsamer ändere, wie die großen Differenzen zwischen den beobachteten und berechneten Größen zu New-Haven und Cambridge einerseits, und zu Nain andererseits zu beweisen scheinen.

Vergleichen wir nun die Ausdrücke, die wir für die verschiedenen Meridiane gefunden haben, genauer, so zeigt sich sogleich, daß die Linien, welche diejenigen Orte verbinden, an denen die mittleren Barometerschwankungen gleich sind, und welche wir isobarometrische Linien[72]) nennen wollen, nicht mit den Breitenkreisen parallel sind. Leiten wir aus den obigen Formeln die Parallelen her, in denen die isobarometrischen Linien von 2''', 4''' ..... die einzelnen Meridiane durchschneiden, so ergiebt sich folgende Tafel:

Isobarometrische Linie von	Oestliches America	Westliches Europa	Deutschland und Italien	Rußland	Sibirien und Hindostan
2'''	15° 33'	15° 9'	21° 15'	23° 36'	.....
4'''	23. 55	26. 17	29. 38	31. 51	22° 30'
6'''	30. 27	34. 4	36. 43	39. 2	35. 29
8'''	36. 14	42. 14	43. 18	45. 51	46. 34
10'''	41. 40	47. 8	49. 48	52. 43	57. 55
12'''	46. 58	51. 4	56. 34	60. 5	72 23
14'''	52. 21	57. 47	64. 6	68. 50	.....
16'''	58. 1	65. 22	73. 48	63. 38	.....
18'''	64. 17	75. 27	....	....	.....

Die wichtigsten Resultate, zu denen wir durch diese Untersuchung gelangen, sind folgende:

1) Die Oscillationen am Aequator sind sehr klein; könnten wir dieselben so bestimmen, daß gehörige Rücksicht auf die

72) In verbis simus faciles, sagt Kircher. Der Name isobarometrische Linien ist allerdings für die Linien gleicher Barometerschwankungen nicht ganz zweckmäßig, da er Linien bezeichnet, an denen der mittlere Barometerstand gleich ist.

regelmäßigen Bewegungen am Tage genommen würde, so finden wir vielleicht kaum die Größe von 1‴; aber die Messungen in niedern Breiten sind in so geringer Zahl vorhanden, daß sich noch nichts Bestimmtes hierüber sagen läßt. Im indischen Meere scheinen sie aber weit bedeutender zu seyn, als an der Westküste des alten Continentes und in America.

2) Die isobarometrische Linie von 2‴ schneidet Nordamerica in der Hondurasbai, geht von hier ziemlich genau nach Osten, erreicht Africa nördlich von dem grünen Vorgebirge, hebt sich dann nach Norden, geht in der Nähe von Assuan in Aegypten fort, senkt sich später nach Süden, und verschwindet im indischen Meere, wo sie den Aequator berührt.

3) Die isobarometrische Linie von 4‴ schneidet die Ostküste America's östlich von Zacatecas, hebt sich von hier nach Norden, erreicht die Westküste Africa's zwischen dem Cap Bojador und den canarischen Inseln, geht durch den nördlichen Theil von Fezzan, das Delta des Nils, zwischen Bagdad und Bassora hindurch, senkt sich dann stark nach Süden und geht in der Nähe von Calcutta vorbei.

4) Die isobarometrische Linie von 6‴ berührt den nördlichen Theil des mexicanischen Meerbusens, erreicht das alte Festland im nördlichen Theile von Fez, geht durch Sicilien, erreicht in der Nähe des caspischen Meeres ihren nördlichen Scheitel und senkt sich weiter östlich nach Süden.

5) Die isobarometrische Linie von 8‴ geht durch den südlichen Theil der Chesapeake-Bai, hebt sich schnell gegen Norden, läuft durch den nördlichen Theil der pyrenäischen Halbinsel, und dieses Aufsteigen nach Nord scheint bis ins Innere Asiens fortzudauern.

6) Die isobarometrische Linie von 10‴ schneidet die Ostküste America's in der Nähe von Boston, die Westküste Europa's nördlich von den Mündungen der Loire, steigt von hier immer weiter nördlich, indem sie in der Nähe von Würzburg und Orel vorbeigeht, und erreicht ihren höchsten nördlichen Scheitel in der Nähe von Krasnojarsk in Sibirien.

7) Die isobarometrische Linie von 12‴ schneidet die Ostküste von America in Neu-Braunschweig, erreicht die Westküste von Europa in der Nähe von London, geht durch den südlichen Theil von Schweden, zwischen Nowgorod und Petersburg hindurch und scheint beim heiligen Vorgebirge (C. Taimura) die Küste des sibirischen Eismeeres zu erreichen.

8) Die isobarometrische Linie von 14‴ geht durch den südlichen Theil von Labrador, den nördlichen Theil von Schottland, die Südspitze von Norwegen, läuft nördlich von Umeo fort, und bewegt sich von hier schnell nach Norden.

Da wir für die bedeutendern Schwankungen in höhern Breiten keine directen Messungen mehr besitzen, so läßt sich die Biegung der isobarometrischen Linien hier nicht mehr so bestimmt verfolgen. Suchen wir nun die Größen auf, welche nach den obigen Ausdrücken am Nordpole Statt finden würden, so finden wir

Ostküste von America	22‴,07
Westküste von Europa	19,14
Meridian von Deutschland . . .	17,38
Meridian von Rußland	16,21
Meridian von Hindostan . . .	12,96

Wir finden also hier dieselben Differenzen in verschiedenen Meridianen, welche uns die Vergleichung der Temperaturverhältnisse zeigte. Sollten auch künftige Messungen besonders in höhern Breiten die Constanten unsere Formel abändern, so bezweifle ich doch, daß wir in allen Meridianen übereinstimmende Größen für die Oscillationen am Pole finden werden, vielmehr ist es wahrscheinlich, daß die isobarometrischen Linien in höhern Breiten eben so in sich selbst zurücklaufende Curven sind, als dieses bei den Isothermen der Fall zu seyn schien. Dieses wird besonders durch die Biegung dieser Linien im Innern von Nord-America wahrscheinlich gemacht. Im Fort Churchill an der Hudsonsbai in der Breite von 58° 47′ N geben die Messungen von Wales für den Umfang der monatlichen Barometeroscillationen die Größe von 1‴,09, kleiner als in derselben Breite an der Westküste von Europa, und bedeutend kleiner als an der Ostküste America's: ein Beweis, daß sich diese Linien im Innern des neuen Festlandes

nach Norden heben. Es wäre wohl möglich, daß die Linien sich von hier in mittlern Breiten wieder nach Süden senkten, dieses scheint wenigstens in Asien der Fall zu seyn. Die Beobachtungen von Amiot zu Peking geben die Größe von 7''',38, die Formel für das Innere von Asien giebt für die Breite von 39° 54', den Umfang von 6''',78, kleiner als die beobachteten Größen. Mehrfache Messungen würden in höhern Breiten wahrscheinlich zwei Systeme in sich zurücklaufender Curven zeigen, von denen das eine dem atlantischen Meere, das andere dem großen Oceane entspräche.

In der südlichen Halbkugel ist diese Größe nur in Capstadt und Paramatta bekannt. Am ersteren Orte beträgt sie 5''',52, ungefähr so, als wir in der nördlichen Halbkugel an der Westküste des alten Continentes finden würden [72a]). Aber von dem Vorgebirge der guten Hoffnung bewegen sich die isobarometrischen Linien gegen den Aequator, so daß im indischen Meere die Oscillationen bei einerlei Breite größer sind, als im südlichen Africa. Wir finden nämlich

Capstadt in 33° 55' S, D = 5''',52
Paramatta 33. 49 S, D = 7''',50.

Ich habe auf Taf. III. eine Zeichnung der isobarometrischen Linien nach den bisher bekannten Thatsachen gegeben. Vergleichen wir ihren Lauf mit den früher betrachteten Isothermen, so zeigen beide in so fern eine Aehnlichkeit, als sie von der Ostküste America's nach Nordosten aufsteigen, aber ihr Lauf im Innern der Continente ist sehr verschieden. Denn während die Isothermen sich in Europa nach Süden bewegen, steigen die isobarometrischen Linien noch stets gegen den Pol. Betrachtete man nur das Stück dieser Curven, welches in jedem Continente liegt, so könnte man vermuthen, daß die isobarometrischen Linien mit den Isotheren zusammenfielen, indessen wird diese Hypothese durch die starke Senkung der isobarometrischen Linien an der Ostküste des neuen Continentes widerlegt. Ich hatte bald nach Auffindung dieser Linien die Vermuthung aufgestellt, daß sie nahe mit den magnetischen

72a) Humboldt glaubt, daß die Oscillationen im Allgemeinen in der südlichen Halbkugel kleiner seyen, als in der nördlichen. Voyage X, 461.

Isoklinen zusammenfielen [78]). Wenn auch eine nähere Discussion der Beobachtungen die große Aehnlichkeit, welche ich anfänglich gefunden hatte, nicht bestätigt hat, so zeigen doch beide in so fern Uebereinstimmung, als sie von der Ostküste America's nach dem Innern der alten Welt stets nach Norden laufen. Wenn wir die elektrischen Erscheinungen behandeln, so werden mehrere Punkte mitgetheilt werden, welche die Möglichkeit einer solchen Aehnlichkeit wahrscheinlich machen.

Wenn auch die nach den gegebenen Formeln berechneten Größen nahe mit den beobachteten zusammenfallen, und dadurch die ganze Untersuchung einen hohen Grad von Wahrscheinlichkeit erhält, so muß ich doch zugleich bemerken, daß das Gesagte nur als die Basis einer künftigen Arbeit angesehen werden kann. Die Elemente selbst, welche wir diesen Bestimmungen zum Grunde gelegt haben, lassen vieles zu wünschen übrig. Erst dann, wenn wir von vielen Orten die Größe der Aenderungen im Laufe eines Tages kennen, wird es möglich seyn, dieses Verhalten genauer zu bestimmen. Dies aber wird nach dem bisherigen Untersuchungen schon mehr als wahrscheinlich, daß die Linien, durch welche die Punkte verbunden werden, an denen die täglichen Aenderungen gleich sind, im Allgemeinen Biegungen zeigen werden, welche denen der isobarometrischen Linien ähnlich sind. In Cambridge bei Boston in 42° 23′ N beträgt die Größe dieser Aenderungen 2‴,17, in Ofen in 47° 30′ nur 1‴, 30, sie ist also dort weit bedeutender als hier.

Ist die Behauptung von Saussure richtig, daß es das beste Criterium für jede Hypothese über die Barometerschwankungen sey, wenn man im Stande ist, daraus die Zunahme der Oscillationen mit der Annäherung an die Pole herzuleiten, so erhält das über den Zusammenhang zwischen den Aenderungen der Wärme und des Luftdruckes Gesagte dadurch einen nicht geringen Grad von Wahrscheinlichkeit, da sich daraus nicht blos das Hauptphänomen, sondern auch die Biegung der isobarometrischen Linien herleiten läßt. Je größer die unregelmäßigen Schwankungen der Temperatur sind, desto unruhiger steht das Barometer. Aber jene Aenderungen der Wärme haben ihren Grund vorzüglich darin,

78) Schweigger's Jahrbuch N. R. XXI, 170.

daß durch Winde Luftschichten entfernter Gegenden mit einander gemischt werden, daß nach nördlichen Gegenden wärmere, nach südlichen kältere Luft kommt, und umgekehrt. Je weiter wir uns vom Aequator entfernen, desto mehr ändert sich die mittlere Temperatur der Jahre und Jahreszeiten für gleiche Aenderungen der Breite und Länge. Nehmen wir an, der Aequator habe eine mittlere Temperatur von 27°,5, so ist die von Teneriffa in 21°,7, sie ändert sich für eine Breitendifferenz von 28½° um 5°,8; dagegen 28° nördlich von Teneriffa finden wir in Edinburgh 8°,6, die Abnahme der Wärme beträgt also für denselben Unterschied der Breite 13°,1, und noch weit größer wird dieselbe, wenn wir mit Teneriffa einen Ort vergleichen, welcher von ihr einen gleichen Abstand als Edinburgh hat, aber in nordöstlicher Richtung im Innern von Europa liegt. Je weiter wir also nach Norden gehen, desto bedeutender müssen die Aenderungen der Temperatur werden, desto unruhiger das Barometer stehen. Daher finden wir auch im hohen Norden, wo die Einwirkung der Sonne geringer ist, und wo äußere Umstände einen großen Einfluß auf den Gang der Temperatur haben, daß die Winde hier im hohen Grade veränderlich sind. Hier berühren sich auf dem Eismeere die Extreme von Wärme und Kälte durch den Gegensatz zwischen Meer und Eismassen; heftige Winde wehen an einer Stelle, wenn in der Entfernung von einigen Meilen nur schwache Winde bemerkt werden. Ja man kann innerhalb des Horizontes Schiffe sehen, welche in demselben Momente das verschiedenartigste Wetter haben; einige fahren mit eingereeften Topsegeln, mit einem heftigen Sturme kämpfend; andere haben völlige Windstille und werden von der Heftigkeit der Wellen hin und her getrieben; noch andere fahren mit leichten Winden, welche aus den verschiedensten Punkten der Windrose kommen [74]).

Ganz anders dagegen muß das Verhalten zwischen den Wendekreisen seyn. Indem die Passate hier mit großer Regelmäßigkeit Luft von nahe gleicher Temperatur an einen Ort bringen, können die Schwankungen des Barometers hier nicht sehr bedeutend seyn, da auch bei unregelmäßigen Bewegungen der Luft die Temperatur-

74) Scoresby Account of the arctic regions bei Daniell, Essays p. 110.

differenzen nicht sehr groß werden [75]). Nur da, wo durch den Wechsel der Moussons und häufige Aenderungen des Windes Schwankungen der Temperatur häufiger werden, nehmen auch die Bewegungen des Barometers zu. Dieses scheint in dem indischen Meere der Fall zu seyn, und aus demselben Grunde steht das Barometer in Neu-Holland unruhiger als am Vorgebirge der guten Hoffnung.

Nicht minder bedeutend, als die von dem Breitenunterschiede abhängige Temperaturdifferenz, ist die Ungleichheit der Wärme zwischen Festland und Meer in derselben Breite. Im Winter sind in der Nähe der Westküste Europa's die SW Winde verhältnißmäßig viel wärmer als ohne diesen Gegensatz zwischen Festland und Meer der Fall seyn würde, daher sind auch die unregelmäßigen Oscillationen im westlichen Europa viel größer als im Innern von Rußland.

Dieser Unterschied zwischen der Temperatur des Meeres und Landes ist an dem Ostrande America's noch weit bedeutender als in Europa; der noch sehr heiße Golfstrom auf einer Seite, das kalte Festland auf der andern, geben Gelegenheit zu heftigen Bewegungen der Atmosphäre und zu großen Aenderungen im Luftdrucke, welche da am wirksamsten zu seyn scheinen, wo dieser Strom seine Richtung ändert. Daher sind auch die Oscillationen des Barometers hier weit größer als in einerlei Breite an der Westküste von Europa, wie dieses bereits von Humboldt bemerkt ist [76]), während Dove ohne nähere Angabe von Messungen das Gegentheil behauptet [77]).

Aus der schnellern Abnahme der Temperatur bei Annäherung an die Pole ergiebt sich noch ein anderer Umstand. Nehmen wir an, daß die Extreme stets bei Nord- oder Südwind Statt finden, und daß die Luftmassen in beiden Fällen aus Gegenden kommen, welche gleichen Abstand vom Beobachtungsorte haben, so ist die Luft beim Nordwinde weit tiefer unter dem Mittel erkaltet, als sie beim Südwinde über demselben erwärmt ist; jene kal-

75) Hutton in Edinburgh Trans. I, 77. Humboldt Tableau p. 98. Ramond Mém. de l'Inst. 1808. p. 111.

76) Humboldt Voyage X, 455.

77) Dove de barometri mutationibus p. 9.

ten [illegible] werden also das Barometer verhältnißmäßig weit mehr erheben, als die warmen es deprimiren. Soll nach dem Eintritte des Maximums das Gleichgewicht wieder hergestellt werden, so muß das Barometer wegen der geringern Einwirkung der südlichen Winde eine Zeit sinken, welche größer ist, als die zum Steigen erforderliche, das Quecksilber wird häufiger unter dem Mittel seyn, als über demselben. Legen wir dieser Untersuchung die mehrmals empfohlene Bestimmung der Aenderung von einem Tage bis zum folgenden zum Grunde, so zeigt sich sehr bestimmt, daß der Luftdruck öfter ab- als zunimmt. Nach den Beobachtungen verhält sich nämlich die Zahl der Fälle, in denen das Barometer während 24 Stunden um mehr als 0''',5 gestiegen war, zu der, in welcher es gesunken war,

in Bagdad	wie 1 : 1,131	
Ofen	1 : 1,052	
Eyafiord	1 : 1,064	

Der Umstand, daß die Oscillationen des Barometers bei einerlei Polhöhe in der Nähe der Küsten weit größer sind, als im Innern des Festlandes, scheint besonders für ein System zu sprechen, welches schon früher mehrfach aufgestellt [78]), in der Folge besonders von de Luc ausgebildet wurde [79]). Vergleichen wir nämlich die Angaben des Barometers mit denen des Hygrometers, so sehen wir, daß ersteres vorzüglich dann sinkt, wenn letzteres eine größere Feuchtigkeit anzeigt, und umgekehrt. Um diesen Zusammenhang zu erklären, nimmt de Luc an, daß die Wasserdämpfe Ursache hievon sind; da sie leichter sind, als die Luft, so steigen sie in dieser in die Höhe. Wenn nun eine gegebene Luftmasse eine Menge von Dämpfen aufnimmt, so wird ihr Volumen dadurch vergrößert, es kann kein Gleichgewicht mehr Statt finden, ein Theil der obern Massen lagert sich über die benachbarten Schichten, welche dadurch einen Zuwachs erhalten, und während dort also das Barometer sinkt, so steigt es hier. Um diese Ansicht

78) So von Hamilton in Phil. Trans. 1765. p. 166. Woodward in History of the Earth. 8. London 1726. p. 105 fg. Hamberger Elementa physices, und Andere.

79) de Luc Modific. de l'atmosph. §. 666. T. III. p. 200 fg.

auf alle Erscheinungen anzuwenden, führt [illegible] Sätze aus:

1) Wenn die mit Dämpfen vermischte Luft durch die Winde vom Meere bis zu den entferntesten Gegenden geführt wird, so vermindert sie in allen Gegenden, durch welche sie geht, das Gewicht der Luft, und das Barometer muß also sinken.

2) Dauert diese Ankunft feuchter Luftmassen längere Zeit hindurch fort, so steigen die Dämpfe, welche vorher nur in den untern Regionen der Atmosphäre vorhanden waren, immer höher und bilden dort Wolken. Dabei sinkt das Barometer immer tiefer, nicht weil die Wolken das Gewicht der Atmosphäre vermindern, sondern weil die Dampfmenge immer größer wird.

3) Werden die Nebelbläschen so angehäuft, daß sie sich zu größern Massen vereinigen, so entsteht Regen.

4) Wenn bei heiterm Himmel die Luft feucht ist, und sich während der Nacht ein reichlicher Thau niederschlägt, so sinkt das Barometer.

5) Das Barometer sinkt bei westlichen und südlichen Winden, weil diese uns feuchte Luft bringen, es steigt aber bei den trocknen nördlichen und östlichen Winden. Daher findet bei ersteren Regen, bei letzteren heiteres Wetter Statt.

6) Wenn es bei südlichen Winden heiter, bei nördlichen trübe ist, so zeigt das Barometer diesen Zustand nicht an.

7) Wenn während des Regens die Ankunft feuchter Luftmassen aufhört, so nimmt der Regen die Dämpfe zugleich mit gegen den Boden, es strömt von den Seiten trockene Luft hinzu, dadurch wird das Gewicht der Atmosphäre größer, das Barometer steigt, und wir dürfen hieraus folgern, daß der Regen nicht lange anhalten wird.

8) Wenn das Barometer nur deshalb steigt, weil der Wind, welcher die Dämpfe brachte, aufgehört hat, so kann es noch so lange regnen, als die Wolken noch hinreichend dicht sind, um Tropfen zu bilden. Ist aber diese Aenderung Folge eines trockenen Nordostwindes, so löst dieser die

Dämpfe auf, und wir sehen alsdann die Wolken sehr schnell verschwinden.

9) Wenn viele Dämpfe in einer Gegend angehäuft werden, und ihre Menge sie dann nöthigt in Regionen zu steigen, wo sie zu Wolken condensirt werden, hierauf sich aber ein Wind erhebt, welcher nur in dieser Luftschicht weht und die Wolken nach einer Gegend treibt, in welcher das Barometer hoch steht, so kann hier ein Regen Statt finden, ohne daß das Quecksilber sinkt, weil dieser Wind keine mit Dämpfen angefüllte Luft gebracht hat. Es regnet also in dieser Gegend bei hohem Barometerstande, dagegen geschieht es nicht in derjenigen, in welcher sich die Wolken bildeten, obgleich hier der Luftdruck wegen der Dämpfe bedeutend abnahm.

10) Da das Barometer die Aenderungen im Gewichte der ganzen Luftsäule, das Hygrometer aber nur den Feuchtigkeitszustand am Beobachtungsorte angiebt, so wird der Gang beider Instruments nicht immer zusammenfallen.

11) Die Wärme dehnt die Luft aus und vermindert ihr Volumen, aber sie wirkt noch weit mächtiger auf die Dämpfe. Je größer also in einer Gegend der Unterschied zwischen den Temperaturen des Sommers und Winters ist, desto bedeutender ist auch der Unterschied der Dampfmenge in der Luft, und daher muß hier die Größe der Barometerschwankungen zunehmen. Denn wenn zu der Wärme des Sommers und zu den von ihr gebildeten Dämpfen noch ein Wind kommt, welcher feuchte Luft bringt, so muß das Quecksilber nothwendig sinken. Daher ist im hohen Norden, wo der Unterschied zwischen Wärme des Sommers und Winters bedeutend ist, das Barometer unruhig, es steht dagegen sehr ruhig am Aequator, weil sich hier die Wärme im ganzen Jahre wenig ändert.

Dieses System wurde von de Luc sehr sinnreich durchgeführt und durch eine Masse von Thatsachen bewiesen. Hierin liegt auch wohl der Grund des großen Beifalls, welchen es bei den Naturforschern fand. In der Folge gab zwar de Luc diesem Systeme eine andere Gestalt, indem er es mit seinen Ansichten über die

Verwandlung der atmosphärischen Luft in Wasser in Verbindung setzte [80]), jedoch waren die Hauptzüge beiden Hypothesen gemein, indem nur der Sprachgebrauch abgeändert wurde.

Bald nachdem jene ältere Ansicht von de Luc bekannt geworden war, unterwarf sie Saussure einer nähern Prüfung [81]) und machte auf mehrere schwer zu erklärende Umstände aufmerksam. Gesetzt, es sey wirklich der Fall, daß die Dämpfe auf die angegebene Art wirken, so kommt es zunächst darauf an, das Quantitative ihres Einflusses auszumitteln, aber dieser ist viel zu klein, als daß er den gedachten Erfolg haben könnte [82]). Nehmen wir an, daß die Luft mit Dämpfen gesättigt sey und eine Temperatur von 25° habe, so steht der Dampf mit einer Quecksilbersäule von etwa $10\frac{1}{2}'''$ im Gleichgewichte; stürzte also auch wirklich alles in der Atmosphäre enthaltene Wasser herab, so würde das Barometer doch nur um die gedachte Größe sinken, während wir weit bedeutendere Oscillationen beobachten. Es müßten ferner die Schwankungen im Luftdrucke in jenen Gegenden und in jenen Jahreszeiten am größten seyn, wo durch eine höhere Temperatur eine bedeutendere Dampfmenge entwickelt wird, also am Aequator und im Sommer, während die Erfahrung das Gegentheil zeigt. Endlich müßten nach dieser Hypothese die Schwankungen in einerlei Breite am Meere geringer seyn, als im Innern der Continente, weil hier der Unterschied zwischen Temperatur von Sommer und Winter größer ist, als dort, was die Tagebücher ebenfalls nicht bestätigen.

Der ganzen Hypothese liegt eine Thatsache zum Grunde, welche durch die Erfahrungen von Dalton, Gay-Lussac und Andere als unrichtig erwiesen ist. Bei derselben Spannung wiegt allerdings ein gegebenes Volumen feuchter Luft weniger als trockne. Wenn aber in der freien Atmosphäre bei ruhiger Luft Wasser verdunstet, so steigen die Dämpfe in die Höhe, ohne durch ihre Elasticität und ihr Gewicht auf die Bewegung der Luft Einfluß zu haben. Der Druck der Atmosphäre ist durch diesen Vor-

80) de Luc Idées sur la Mét. II, 129. §. 226 fg. und an andern Stellen des zweiten Bandes von diesem Werke.

81) Saussure Hygrometrie S. 326 fg. §. 285.

82) Ebend. §. 288. Hutton in Edinb. Trans. I, 74.

gang um das Gewicht des Wasserdampfes vermehrt worden, das Barometer steht unter übrigens gleichen Umständen in feuchter Luft höher als in trockner. Dieser Behauptung scheint die Erfahrung in so fern zu widersprechen, als die Dampfmenge bei denjenigen Winden am größten ist, bei denen das Barometer am niedrigsten steht, und umgekehrt; aber die Winde, welche uns den meisten Regen bringen, sind zugleich diejenigen, bei denen das Thermometer am höchsten steht [83]). Durch ihren Dampfgehalt suchen die südlichen Winde das Barometer zu erheben, durch ihre Temperatur es zu deprimiren; da indessen die letztere Ursache weit mächtiger wirkt, so nimmt der Luftdruck in der That ab, die Temperatur ist also die wichtigste Ursache, aus welcher bei Seewinden eine Depression des Quecksilbers Statt findet; in andern Gegenden können aber die Verhältnisse ganz anders seyn. So hat Flinders in einem Aufsatze über die Bewegungen des Barometers an den Küsten von Neu-Holland gezeigt, daß außerhalb der Tropen die vom festen Lande wehenden Winde stets die deprimirenden waren, so daß man bei dem Fallen des Barometers den nahen Eintritt des Landwindes mit Gewißheit voraussagen konnte [84]). Aber wir haben bereits früher die von Péron bemerkte Thatsache erwähnt, daß alle Landwinde sich von den Küsten jener Insel durch eine ungewöhnlich hohe Temperatur auszeichnen [85]).

Für eine große Einwirkung der Dämpfe auf das Barometer scheint der bereits bemerkte Umstand zu sprechen, daß ein Fallen des Barometers in vielen Fällen als Vorbedeutung von Regen angesehen werden kann. Nach Poleni wurden in Padua in 12 Jahren unter 1175 Regen 758 durch das Fallen des Barometers angezeigt, während van Swinden zu Franecker im Jahre 1778 eben so viele Barometerveränderungen wahr, als falsch fand [86]). Untersuchen wir aber die Bewegung des Barometers genauer, so finden wir, daß es namentlich im Sommer bei Regen, vermöge der früher erwähnten Temperaturdepression,

---

83) Bd. I. S. 388, 435. Bd. II. S. 26.
84) Buch in Abh. d. Berl. Acad. für 1818. S. 109.
85) Bd. I. S. 275.
86) Gehler's Wörterbuch, Alte Ausg. I, 275.

bei diesem Phänomene steigt [87]). Weit ausgedehnte Landregen, deren Bildung langsam erfolgt und wo der Vorgang so verwickelt wird, daß wir nicht im Stande sind, die einzelnen Umstände von einander zu unterscheiden, lassen die Richtigkeit dieser Behauptung weniger deutlich erkennen, als Regenschauer und Gewitterregen; theils wegen der Beschattung, theils wegen der aus der Höhe herabsinkenden kalten Wassermassen, hat die unter den Wolken liegende Luft eine geringere Wärme, als die umher liegenden Gegenden, in denen der Himmel heiter ist; jene zieht sich zusammen, von allen Seiten strömen in den obern Regionen Luftmassen nach der Gegend des Niederschlages, unten finden Ströme in entgegengesetzter Richtung Statt. Diese Anhäufung bewirkt ein mehr oder weniger bedeutendes Steigen des Barometers, wenn sich das Gewitter dem Zenith des Ortes nähert. Schon Planer und Rosenthal machten hierauf aufmerksam, und Gronau bemerkt, er habe die von Beiden aufgestellte Behauptung, daß sich die Ankunft des Gewitters durch ein plötzliches Steigen des Barometers kund gebe, worauf es späterhin wieder allmählig auf seinen frühern Stand zurückkehre, durch seine Erfahrungen bestätigt gefunden [88]). Dieselbe Erfahrung machte Strehlke in Danzig [89]), und bei nahe 40 Gewittern und Regenschauern, bei denen ich seit dem Jahre 1827 diesen Vorgang genauer verfolgen konnte, habe ich fast stets die Thatsache bemerkt. Bei dem Gewitter, welches am 11ten Junius 1827 in Halle und der Umgegend sehr vielen Schaden anrichtete, war das Barometer seit dem 10ten im langsamen Sinken begriffen, und dieses dauerte bis zum 12ten fort, nur während des Gewitters am 11ten zeigte sich ein Steigen. Ich beobachtete folgende auf 0° reducirte Barometerhöhen:

7^h A	:	332''',90;	
7.	30	333,14	Blitz und Donner schon ziemlich stark, Hagelkörner;
8.	0	333,22	das Gewitter der Stadt nahe;

---

87) Bd. II. S. 9.

88) Schweigger's Jahrb. N. R. I, 123. Fechner in Biot's Experimentalphysik I, 221.

89) Poggendorff's Ann. XIX, 148.

8h	30	333''',46	dasselbe im Zenith, heftiger Regen gelkörner und Eismassen von 2 bis 3 Durchmesser;
8.	45	333,42	das Gewitter der Stadt nahe;
9.	0	333,25	der Donner schwächer;
9.	15	333,13	das Gewitter entfernt sich immer meh
10.	0	332,85	entfernte Blitze, Donner kaum hörba

Ich halte es für überflüssig, eine größere Zahl von That mitzutheilen, da ein jeder sich bei aufmerksamer Beobachtun Instrumentes von der Richtigkeit der Thatsache überzeugen k

Wenn also auch bei einzelnen Regen das Barometer b kunft der Wolke steigt, so ist das Resultat doch ein anderes, wir den Zusammenhang zwischen Regen und Luftdruck im meinen untersuchen. Westliche und südliche Winde sind d gen, welche Regen bringen [90]; aber bei eben diesen Winder das Barometer niedrig, und daher glaubt man mit ziem Sicherheit annehmen zu dürfen, daß es bald regnen werde, das Quecksilber sinkt. Vergleichen wir den mittlern Baror stand bei Regen und Schnee, so ist dieser um etwa 2''' als das Mittel aller Beobachtungen. Nach den sogleich s mitzutheilenden Größen beträgt diese Differenz

in	Paris	1''',97
	Minden	1,80
	Stockholm	2,18
	Berlin	1,19

Nur Berlin zeigt hier eine bedeutende Abweichung von dem tate an den übrigen Orten; da L. v. Buch, aus dessen suchung die obige Größe entnommen ist, Regen und Schn sonders betrachtet, so wäre es wohl möglich, daß die Ursac Differenz hierin läge.

Nach dem früher Gesagten sind Niederschläge auch möglich, wenn kalte Nordwinde auf feuchte Luftmassen tr und wir sehen hieraus, wie es möglich ist, daß es auch bei h Barometerstande regnet, wie dieses bereits Hutton bemerk

90) Bd. I. S. 435.

91) Edinb. Trans I, 75.

iesen Gegenstand hat L. v. Buch ausführlich untersucht. Bei len Winden war der Barometerstand in Berlin beim Regen nie- riger, als der diesem Winde zugehörige mittlere [92]). Die fol- ende Tafel enthält die Resultate seiner Richtungen für Berlin; iesen habe ich noch die für Minden, Paris und Stockholm hin- igefügt.

Wind	Paris [93])	Minden	Berlin	Stockholm
N	334''',85	335''',13	334''',42	334''',02
NO	4,65	5,31	5,10	4,29
O	3,50	4,81	5,17	3,48
SO	2,50	2,85	3,03	2,79
S	1,70	2,63	2,10	1,80
SW	2,43	3,53	2,56	1,93
W	3,08	4,11	4,18	2,87
NW	4,20	5,27	5,04	3,09
Mittel	3,56	4,19	3,95	3,03

Die Vergleichung dieser Tafeln mit den früher gegebenen barome- rischen Windrosen zeigt, daß das Barometer während des Re- ens bei jedem Winde niedriger steht, als es im Allgemeinen der all ist; aus seinen Untersuchungen folgert Buch als Regel, daß an keinen anhaltenden Regen erwarten dürfe, wenn das Baro- eter nicht einen Stand hat, welcher tief unter dem diesem Winde ntsprechenden mittlern liegt [94]), was sowohl meine eigenen Be- bachtungen als auch die älteren Erfahrungen von de Luc bestä- gt haben, indem letzterer behauptet, daß der Regen nur local y, wenn das Barometer nicht niedrig stehe [95]).

92) Abhandl. d. Berl. Acad. 1818. S. 91.

93) Nach der Zusammenstellung von Dove in Poggendorff's Annalen XI, 568. Die Zahl der Beobachtungen ist bei NO, O und SO sehr klein und die Barometerstände zeigen hier sehr bedeutende Ano- malieen. Deshalb habe ich es für zweckmäßiger gehalten, in der obigen Tafel die Größen mitzutheilen, welche mir eine erste Rechnung gegeben hatte, bei welcher ich zugleich auf die Zahl der Beobachtungen bei jedem Winde Rücksicht nahm.

94) Abh. d. Berl. Acad. 1818. l. l.

95) de Luc Idées §. 576. II, 55.

Spricht nun gleich dieser innige Zusammenhang der Niederschläge mit dem Barometerstande für die Richtigkeit der Ansicht de Luc's, so zeigt eine nähere Untersuchung doch sehr bald, daß beide Phänomene Folgen einer entferntern Ursache, nämlich der Temperaturverhältnisse, sind. Stellen wir die obigen Größen durch Ausdrücke dar, welche uns in den Stand setzen, den Gang der Erscheinung zu übersehen, so erhalten wir folgende Gleichungen, in denen die Winkel von N durch O bis 360° gewählt werden:

Paris:

$$B_n = 333''',364 + 1''',495 \sin(n \cdot 45^\circ + 82^\circ\, 29') + 0''',094 \sin(n \cdot 90^\circ + 354^\circ\, 2')$$

Minden:

$$B_n = 334''',193 + 1''',384 \sin(n \cdot 45^\circ + 81^\circ\, 8') + 0''',340 \sin(n \cdot 90^\circ + 302^\circ\, 1')$$

Berlin:

$$B_n = 333''',950 + 1''',395 \sin(n \cdot 45^\circ + 75^\circ\, 50') + 0''',715 \sin(n \cdot 90^\circ + 261^\circ\, 45')$$

Stockholm:

$$B_n = 333''',034 + 1''',148 \sin(n \cdot 45^\circ + 63^\circ\, 15') + 0''',145 \sin(n \cdot 90^\circ + 305^\circ\, 53')$$

Die Hülfswinkel im ersten Gliede zeigen eine solche Uebereinstimmung, als man nur bei Untersuchungen dieser Art erwarten kann: ein Beweis, daß auch dieses Phänomen ein generelles sey. Leiten wir aus diesen Ausdrücken die Punkte her, bei denen das Barometer am höchsten oder niedrigsten steht, so finden wir

	Maximum	Minimum
Paris	N 14° O	S
Minden	N 37 O	S 2° O
Berlin	N 68 O	S 7 W
Stockholm	N 40 O	S 14 W

Die Abweichungen zwischen diesen Größen sind allerdings bedeutend, aber die pariser Messungen, welche die größte Anomalie zeigen, sind im östlichen Theile des Horizontes in geringer Menge

vorhanden, so daß es mir wahrscheinlich scheint, daß sie durch länger fortgesetzte Beobachtungen und namentlich eine genauere Angabe aller Regentage verschwinden würden. So lange nicht eine große Zahl von Untersuchungen dieser Art an andern Orten angestellt ist, welche uns in den Stand setzt, klimatische Differenzen zu erkennen, dürfen wir das Mittel der obigen Größen als der Wahrheit nahe kommend ansehen. Ich will die Lage dieser Punkte mit den analogen vergleichen, welche wir bei Betrachtung des Barometers, des Thermometers und Hygrometers [96]) fanden.

Barometer bei Regen	Barometer im Allgemeinen	Thermometer	Hygrometer
N 40° O	N 45° O	N 8° O	N 45° O
S 6 W	S 11 W	S 13 W	S 2 W

Stimmen hier gleich das Barometer in beiden Fällen und das Hygrometer im hohen Grade überein, so daß man das eine dieser Phänomene als Ursache des andern ansehen könnte, so machen theils die aus Dalton's Untersuchungen über Dämpfe hergeleiteten Folgerungen, theils die Erscheinungen in der Atmosphäre es wenig wahrscheinlich, daß der niedrige Barometerstand Folge des Dampfgehaltes sey. Eben die Winde, welche das Barometer wegen des Einflusses der Temperaturverhältnisse und der Luftströmungen am meisten heben oder senken, müssen auch vermöge des Weges, welchen sie im westlichen Europa genommen haben, einen großen Gegensatz in ihren Feuchtigkeitsverhältnissen zeigen. Daß aber stets die Temperaturdifferenzen das Uebergewicht behalten, das zeigt uns der Barometerstand, welcher beim Regen zu Stockholm Statt findet. Paris, Minden und Berlin, welche zu der Gruppe der mitteleuropäischen Klimate gehören, zeigen, daß das Barometer bei denjenigen Winden am niedrigsten steht, bei denen es am häufigsten regnet, und umgekehrt [97]), so daß noch immer sehr viel zu Gunsten der de Luc'schen Hypothese spräche; aber alle jede Spur von Analogie verschwindet, wenn wir die für Stockholm gegebenen Größen mit den daselbst Statt findenden

96) Bd. I. S. 310.
97) Ebend. S. 433 fg.

Regenverhältnissen vergleichen. Eben so wie im mittlern D
land und Frankreich steht das Barometer auch beim Reg
nordöstlichen Winden am höchsten, bei südwestlichen am n
sten, aber es regnet dort bei nordöstlichen Winden am häu
bei westlichen am seltensten [98]): beide Phänomene zeigen
ihrem Verhalten einen entgegengesetzten Gang.

Wenn die warmen südlichen Winde, die uns den R
zuführten, längere Zeit wehten, wenn dabei mehr oder m
heftige Niederschläge Statt fanden und sich nun ein kalter
licher Wind erhebt, dann hebt dieser das Barometer nicht s
auf die ihm entsprechende Höhe, der Regen dauert noch fo
das Barometer steht auch hier niedriger, als es ohne dies
stände der Fall gewesen seyn würde [99]); aus demselben G
steht das Barometer im Anfange des Regens bei südlichen
den zu hoch, es sinkt erst nach und nach. Aber die Regen
in beiden Fällen große Unterschiede in ihrem Verhalten, w
ses L. v. Buch (l. l.) und früher schon Hutton [1]) bemerkt l
Ist der Regen, welcher bei ankommenden südlichen Winde
abnehmendem Luftdruck fällt, meistens fein und anhaltend,
er großtropfig, wenn das Barometer steigt; in beiden
hängt aber seine Heftigkeit von der schnellern oder langs
Aenderung des Quecksilbers ab.

Erscheinungen, welche den Zusammenhang dieser ein
Umstände zeigen, lassen sich besonders im Winter beob
weil in dieser Jahreszeit das Barometer überhaupt größern
lationen unterworfen ist. War das Wetter längere Zeit hi
feucht, stand dabei das Barometer niedrig und erhebt sich
schnell ein nördlicher Wind, so erfolgt oft plötzlich ein N
schlag, nicht selten ein Gewitter, und dabei ist der Mome
Explosion derselbe, in welchem das Barometer zu steigen an
Sehr deutlich beobachtete ich dieses am 14ten und 15ten J
1827; nie aber habe ich in dieser Hinsicht einen so auffal
Zusammenhang bemerkt, als am 15ten März 1827, wo da
rometer in demselben Momente zu steigen anfing, in welche

98) Bd. I. S. 441.

99) Buch in Abh. d. Berl. Acad. 1818. S. 92.

1) Edinb. Trans. I, 75. Vgl. Bd. I. S. 435.

in Hagelschauer über Halle entlud. Das Barometer, welches schon am vorigen Tage gesunken war, zeigte folgende Stände bei 0°):

7h Morg.	331''',76	trübe;
9	31,14	desgl.;
11	30,24	desgl.;
1 Ab. . .	29,56	desgl.;
2	29,93	Regen und Hagel, heftige Windstöße;
3	30,20	schnell aus SO kommende Wolken auf heiterem Grunde;
4	30,63	
5	30,81.	

Das Barometer stieg bis um 9 Uhr, sank aber dann wieder langsam und am folgenden Tage schneller.

Ein analoges Phänomen zeigte sich am 13ten Januar 1828. Es wurde an diesem Tage beobachtet (0° R.):

8h Morg.	331''',59	anhaltender Regen;
12 Mittag	30,99;	
1 Ab. . .	30,79;	
2	30,51	Cumulostrati;
3	30,10;	
4	29,91;	
5	29,81;	
6	29,81,	um $5\frac{1}{2}^h$ Donner und Blitz, heftiger Regen;
7	29,89	anhaltend Regen;
8	29,97	einzelne Sterne sichtbar;
9	30,05;	
10	30,13;	

Am folgenden Tage trat bedeutende Kälte ein. — Mehrere ähnliche Fälle will ich hier nicht anführen.

Wenn in Fällen dieser Art das Barometer bei Nordwinden zu niedrig steht, weil der Einfluß der südlichen Winde noch nicht aufgehoben ist, so finden wir auch, daß bei der Ankunft südlicher Winde das Barometer bei Nordwinden und Niederschlägen aus entgegengesetzten Ursachen zu niedrig steht. Die warmen südlichen

Ströme sind schon in den obern Regionen vorherrschend, w
rend die Windfahnen noch Nordwind anzeigen, das Barom
sinkt; daß aber auch in diesem Falle die wärmeren Winde in
obern Regionen vorherrschen, geht häufig aus dem Zuge
Wolken hervor, auch deuten darauf mancherlei andere Erschei
gen. Zu Innspruck im Thale des Inn sieht man nicht s
mitten im Winter den Schnee in 3000′ Höhe am Abhange
Berge völlig geschmolzen, während es im Thale bitter kal
und der Schnee nicht einmal feucht wird [2]).

In den obigen Tafeln sind bei Paris, Minden und S
holm die Niederschläge als Hagel, Regen und Schnee zusamm
genommen und darnach die Barometerstände bestimmt wor
L. v. Buch hat in seiner mehrfach erwähnten Abhandlung die b
metrische Windrose beim Schneefall einzeln berechnet, und d
zeigt sich, daß das Barometer in diesem Falle noch bedeutend
driger steht, als beim Regen. Ich glaube, daß dieses desl
geschieht, weil die Oscillationen des Quecksilbers im Winte
Allgemeinen weit größer sind, als in den übrigen Jahreszeiten

Genauer als es von L. v. Buch und späterhin von
geschehen ist, hat Dove das Verhalten des Barometers bei
verschiedenen Winden und den zugleich erfolgenden Niederschl
untersucht [3]). Aus einer großen Menge von Beobachtun
welche er mit seinen früher mitgetheilten Untersuchungen
Drehung der Winde [4]) in Verbindung setzt, leitet er folg
Sätze her:

1) Auf der Westseite der Windrose folgt ein kälterer Wind
einen wärmern, auf der Ostseite hingegen ein wärm
auf einen kältern.

2) Auf der Westseite verdrängt der schwerere nördliche W
den südlichen leichtern rascher, als auf der Ostseite d
jenen.

3) Auf der Westseite der Windrose ist die Elasticität des Wa
dampfes des folgenden Windes geringer, als die des vo

2) L. v. Buch in Abh. d. Berlin. Acad. 1818. S. 96.

3) Poggendorff's Annalen XIII, 305.

4) Bd. I. S. 265.

gehenden; auf der Ostseite findet das Gegentheil Statt. Zugleich scheint auf der Westseite der Windrose der folgende Wind auch der relativ trocknere zu seyn, auf der Südostseite umgekehrt.

4) Auf der Westseite tritt der kältere Wind zuerst unten ein und verdrängt den vorher wehenden südlichen Wind von unten nach oben, auf der Ostseite tritt der wärmere zuerst oben ein und verdrängt den vorher wehenden nördlichen von oben nach unten. Zugleich nimmt die Geschwindigkeit des Vordringens auf der Westseite von S nach N allmählig ab, auf der Ostseite hingegen von N nach S immer mehr zu.

:s dem Gesagten folgt, daß die relative Anzahl der Niederläge auf der Westseite größer seyn müsse, als auf der Ostseite. Daß dieses nicht von der Elasticität des Wasserdampfes abhängt, iebt sich daraus, daß es in London bei West mehr regnet, als Südost bei gleicher Elasticität des Wasserdampfes. Da auf : Westseite ein kälterer Wind auf einen wärmern folgt, auf der tseite ein wärmerer auf einen kältern, so könnte man daraus s Phänomen erklären, daß man sagte, auf der Westseite nimmt Dampfcapacität der Luft ab, auf der Ostseite zu. Aber na:lich wird sich der Niederschlag darnach richten, ob der trockne :r der feuchte Wind das Uebergewicht hat. Aus dem raschen ıfallen der nördlichen Winde auf der Westseite, dem allmähligen berhandnehmen des Südwindes auf der Ostseite folgt, daß auf : Westseite ein plötzliches Vermischen ungleich erwärmter Luftichten Statt finden wird, auf der Ostseite hingegen ein allmähes Verdrängen. Wir werden daher die häufigsten Niederschläge n Süd bis West zu erwarten haben, die seltensten von Nord Ost; denn wegen der raschen Drehung von Süd nach Nord rden die Temperaturdifferenzen der sich auf der Westseite mischen ı Winde größer seyn, als die auf der Ostseite, aus eben dem :unde die Niederschläge auf der Westseite nach Nord höher ıaufrücken. Da aber die thermischen Werthe der Winde im inter am stärksten differiren, so wird die Zahl der Niederschläge Winter größer seyn, als im Sommer; wegen der damit vernden größern barometrischen Differenzen wird aber die Dre-

hung des Windes im Winter rascher seyn, als im Sommer; es wird also eher mit NO schneien, als es damit regnet." —

„Ist nun eine rasche Vermischung der Winde dem Niederschlage vorzüglich günstig, so würde sich daraus ergeben, daß auf der Westseite das Barometer während des Regens rasch steigen muß, auf der Ostseite rasch fallen. Aber der Wind geht natürlich nicht immer continuirlich durch die Windrose, er springt besonders auf der Westseite häufig zurück. Aus dem oben Gesagten folgt aber, daß eine der regelmäßigen Drehung des Windes entgegengesetzte Aenderung auf der Westseite selten mit einem Niederschlage verbunden seyn wird, auf der Ostseite werden hingegen die seltenen Ausnahmen der gesetzmäßigen Aenderung gerade auf Regenwinde fallen. Es werden also auf der Ostseite eher Regen mit steigendem Barometer, als auf der Westseite mit fallendem vorkommen. Das Steigen des Barometers während der Regenwinde auf der Westseite wird also entschieden größer seyn, als das Steigen bei Westwinden im Mittel, für die östlichen Regenwinde hingegen das Fallen geringer, als für die Ostwinde im Mittel. Da aber wegen der gesetzmäßigen Drehung jedes Zurückgehen durch ein Vorgehen compensirt werden muß, das Zurückspringen des Windes auf der Westseite aber weit häufiger geschieht, als auf der Ostseite, so wird ein Fallen des Quecksilbers mit Westwinden auf neuen Regen deuten, da der Gang nach Nord wieder durchgemacht werden muß, und hierin zugleich ein neuer Grund für die Häufigkeit der Niederschläge auf der Westseite liegen. Dauernder Regen ist also nicht Ein Niederschlag, sondern die häufige Wiederholung derselben Erscheinung, die sich in Beziehung auf die Windfahne darstellt als eine continuirliche Abwechselung von West und Südwest, in Beziehung auf das Barometer als ein fortwährendes Schwanken."

Um die Richtigkeit dieser Behauptung zu beweisen, hat Dove den Gang des Barometers in Paris bei Niederschlägen näher untersucht, indem er den Druck der Luft um 21^h, 0^h, 3^h und 9^h einzeln berechnet. Es möge hier genügen, den Stand des Barometers, welcher bei Regen um 21^h und 9^h stets an demselben Tage Statt fand, mitzutheilen. Die letzte Spalte der folgenden Tafel, in welcher die Barometerhöhen in Millimetern angegeben sind, giebt den Unterschied zu beiden Zeiten an; das

chen — bedeutet, daß das Barometer von 21^h bis 9^h gesun-, das Zeichen +, daß es in eben dieser Zeit gestiegen ist [*]).

Wind	21 Uhr	9 Uhr	Aenderung in 12 Stunden
N	756,11	757,60	+ 1,49
NNO	44,47	44,46	— 0,01
NO	50,89	51,26	+ 0,37
ONO	44,57	43,51	— 1,06
O	47,56	48,99	+ 1,43
OSO	50,96	50,19	— 0,77
SO	44,91	44,41	— 0,50
SSO	47,96	46,96	— 1,00
S	48,82	48,12	— 0,70
SSW	50,26	49,59	— 0,63
SW	50,11	49,95	— 0,16
WSW	51,61	51,63	+ 0,02
W	50,14	52,53	+ 2,39
WNW	51,80	54,97	+ 3,17
NW	52,46	55,48	+ 2,02
NNW	61,74	63,43	+ 1,69

Betrachten wir die sich ergebenden Differenzen, so ist es wohl rraschend, wie klar selbst aus so wenigen Beobachtungen der ammenhang der Barometerveränderungen mit den Hydrome-:en hervortritt. Das Barometer fällt nämlich bei Re-n mit Ostwinden, steigt während des Regens mit estwinden."

„Das rasche Steigen von West bis Nord, eine Linie in Stunden im Mittel, giebt zugleich ein leichtes Verfahren an Hand, die Richtung der Aenderung des Windes an einem ge-enen Orte zu finden. Zehn Beobachtungen bei NW reichen on dazu hin. Und so lösen sich denn auf die einfachste Art alle derspräche, in welche man sich darum verwickelte, weil man

*) In Dove's l. l. S. 318 gegebenen Tafel ist die Bedeutung der Zei-chen die entgegengesetzte; ich habe die Bezeichnung beibehalten, welche durchgängig in diesem Werke eingeführt ist. Die Anomalieen bei NO und O verdienen keine Beachtung, da die Zahl der Regenwinde bei ihnen zu klein ist.

die Phänomene der Ostseite nicht von denen der Westseite unterschied, weil man von dem Barometer verlangte, daß es vor dem Regen entweder steigen müßte oder fallen. Wenn im Conflict der südlichen und nördlichen Winde auf der Westseite aller überflüssige Wasserdampf der erstern niedergeschlagen ist, so ist für den durchgedrungenen Nordwest, der aus kältern Gegenden nach wärmern fließt, dessen Dampfcapacität also fortwährend erhöht wird, kein Grund des Niederschlages vorhanden, und es steht daher bei dem barometrischen Werthe dieses Windes an der Skale „schön" oder „sehr trocken" (Fig. 5). Nun beginnt das Barometer zu fallen, und man sagt: es wird regnen, richtiger: es wird wieder Südwind werden. Versteht man also unter „vor" die Zeit, während welcher der Wind von NO durch O nach S geht, so fällt das Barometer allerdings vor dem Regen. Aber man sieht leicht, daß dies zwei Erscheinungen verbinden heißt, welche nicht zusammengehören, und eine darauf gegründete Theorie, wie sie Leibnitz zuerst gab und die unter verschiedenen Formen später häufig wiederholt worden ist, wird immer einseitig bleiben müssen, da sowohl für die regelmäßige Drehung als das unregelmäßige Zurückspringen des Windes die Erscheinung auf der einen Seite der Windrose der auf der andern gerade entgegengesetzt ist."

Aus der Vergleichung der Temperaturverhältnisse bei demselben Winde, aber zu verschiedenen Tageszeiten, leitet der Verfasser noch folgende Sätze her:

„Auf der Westseite der Windrose folgt Schnee auf Regen, auf der Ostseite Regen auf Schnee."

„Schnee mit Westwinden deutet auf den Eintritt neuer Kälte, Schnee bei Ostwinden auf eine Milderung derselben. Das Sprichwort: neuer Schnee, neue Kälte, ist dadurch entstanden, daß es häufiger mit Westwinden schneiet, als mit Ostwinden."

„Will man diese Sätze auch für die unregelmäßigen Veränderungen anwenden, so heißen sie: Schnee mit fallendem Barometer wird Regen, Regen mit steigendem Barometer wird Schnee. Schnee mit steigendem Barometer zeigt neue Kälte an, Schnee mit fallendem eine Mäßigung derselben."

„Außerdem folgt hieraus, daß Schneefälle nicht bei bedeutender Kälte Statt finden können, da, wenn der kalte nörd-

liche Wind herrschend geworden, oder der südliche verdrängt, kein Grund mehr zum Niederschlag vorhanden ist."

„Eine nach dem Regen erhöht bleibende Temperatur wird immer neuen Regen anzeigen, denn auf der Ostseite ist sie das gesetzmäßige Ueberhandnehmen des südlichen Windes, auf der Westseite ist sie ein Zurückspringen, das durch ein neues Vorgehen oder neuen Niederschlag wieder compensirt werden muß."

„Da auf der Westseite der Windrose der kältere Wind unten zuerst als schwererer einfällt, der wärmere auf der Ostseite den kältern von oben herab allmählig aufwickelt, so wird bei dem Regen im Mittel unten ein Wind seyn, dessen barometrischer mittlerer Werth größer ist, als der des oben wehenden. Es wird also der Barometerstand während des Regens niedriger seyn, als der barometrische Werth des Windes überhaupt, da das Verdrängen während des Regens am raschesten geschieht. Die Größe des barometrischen Abstandes eines Regenwindes von seinem allgemeinen Mittel wird sich also richten nach dem Verhältniß der barometrischen Werthe der Winde unter einander und der Geschwindigkeit des Ueberganges. Da nun im Winter die barometrischen Unterschiede der Winde am größten und eben deswegen der Uebergang der südlichen in die nördlichen und umgekehrt am raschesten, so wird die Differenz zwischen dem Regenmittel eines Windes und dem allgemeinen Mittel da am größten seyn. Die Form des Niederschlages ist aber in höhern Breiten im Winter Schnee. Das Barometer wird also bei Schneefällen am tiefsten unter dem allgemeinen Mittel des Windes stehen."

„Kommt Schnee und Regen aber in demselben Durchgange durch die Windrose vor, so entspricht der Regen dem tiefern Stande."

„Da die gefundenen barometrischen Regenmittel tiefer sind, als der Werth für das Minimum der Windrose und bei dem Winde, der diesem entspricht, doch während des Regens das Barometer tiefer steht, so reicht jener angeführte Grund nicht hin. Dieses Tieferstehn beruht also auf 2 Ursachen, dem Uebereinanderwehen verschiedener Winde, und einer davon unabhängigen, allen Niederschlägen gemeinsamen Ursache, die in dem Herausfallen des Wasserdampfes zu suchen ist" [6]).

6) Dove de bar. mutat. p. 44.

„Aus dem Unteneinfallen des kältern Windes auf der Westseite folgt außerdem, daß Einfallen des Windes, Wolkenbildung, Niederschlag als Regen oder Schnee und Steigen des Barometers zusammenfallen werden, ja häufig der Wind den andern Erscheinungen vorangehen wird, hingegen auf der Ostseite ist die Wolkenbildung früher als der unten bemerkbare Wind. Auf der Westseite geht die Wolkenbildung von unten nach oben, auf der Ostseite von oben nach unten. Das Aufhören der Wolkenbildung, wenn der nördliche Wind immer mehr herrschend wird, nennt man das Brechen der Wolken, welches sehr verschieden ist, von dem allmähligen Auflösen des, des Abends bei aufhörendem Courant ascendant in wärmern Luftschichten herabsinkenden Cumulus. Plötzliche Wolkenbildung gehört der Westseite an, da hier plötzliche Vermischung Statt findet, allmählige Bildung der Ostseite. Jener entspricht der Cumulostratus, dieser der Cirrus. Dieser ist also der Niederschlag durch einen eintretenden südlichern Wind, jener der Niederschlag durch einen in wärmere Luft eindringenden kältern."

Wie weit diese Bemerkungen der Natur entsprechen und wie sie modificirt werden müssen, wenn der Gegenstand an einer größern Zahl von Orten eben so ausführlich untersucht seyn wird, als dieses der scharfsinnige Urheber derselben für Paris gethan hat, läßt sich jetzt nicht bestimmen. So weit meine eigenen Erfahrungen in Halle reichen, habe ich diese Sätze in vielen Fällen bestätigt gefunden. Ob aber der bedeutend geringere Stand des Barometers bei Regen wirklich seinen Grund in dem Herausfallen des Dampfes bei südlichen Winden habe, oder ob die große Differenz nicht vielmehr davon herrührt, daß die Südwinde mit größerer Lebhaftigkeit wehen, aus entferntern Gegenden kommen, daher wärmer und zugleich feuchter sind, läßt sich eben so wenig entscheiden. Vielleicht liegt der Grund darin, daß die Windfahnen wegen localer Ströme häufig Südwinde angeben, wenn in der That andere Winde wehen, das Barometer steht dann zu hoch, und wir erhalten durch häufige Wiederkehr dieser Erscheinung einen zu großen barometrischen Werth für den Südwind. Wenn es dagegen regnet und die Südwinde über eine größere Länderstrecke wehen, dann werden wir eine Größe erhalten, welche sich dem wahren Werthe des Luftdruckes bei Südwinden immer mehr nähert.

Daß das Herausfallen des Dampfes nicht die einzige Ursache tiefen Standes bei Regen sey, geht noch aus einem andern tande hervor. Betrachten wir nämlich die obige Tafel (S. 361) uer, so finden wir, daß die meisten Aenderungen des Baro-ers im Laufe des Tages positiv sind, daß also der Luftdruck rend des Regens wächst. Im Mittel beträgt die Größe der ahme von 21 Uhr bis 9 Uhr 0,484 Millimeter. Erwägen aber, daß die westlichen Winde, bei denen die Zunahme am utendsten ist, auch die meisten Niederschläge bringen, so) das arithmetische Mittel aller Aenderungen noch größer. finden hier also auch im Großen die Bestätigung des früher 349) erwähnten Satzes, daß das Barometer im Allgemeinen rend des Regens steigt.

Um zu untersuchen, wie weit diese Aenderungen während Regens auch in andern Gegenden Statt finden, habe ich die ſungen von Nicander in Stockholm auf eine ähnliche Art mmengestellt. Hier werden täglich 3 Beobachtungen, um Uhr, 2 Uhr und 9 Uhr mitgetheilt. Ich habe der Verglei-ıg den um 2 Uhr wehenden Wind zum Grunde gelegt; an n Tagen, wo Niederschläge Statt fanden, suchte ich die ße auf, um welche das Barometer stieg (+) oder sank (—). selbe Aenderung betrachtete ich an den Tagen, welche dem en voraufgingen, wofern diese Tage selbst nicht schon Regen-waren. Die folgende Tafel enthält die gefundenen Größen ariser Linien.

	Tag vor dem Regen	Regentag
N	+0''',42	+0''',60
NO	+0,06	+0,44
O	—0,01	—0,41
SO	—0,50	—0,65
S	—0,41	—0,61
SW	—0,71	—0,27
W	+0,13	+0,22
NW	+0,31	+1,06
Mittel	—0,09	+0,17

Im Allgemeinen sinkt das Barometer am Tage vor dem Regen, es steigt während des Regens; in beiden Fällen sinkt es bei östlichen, steigt es bei westlichen Winden, ganz so wie Dove es aus den pariser Beobachtungen hergeleitet hatte. Auffallend ist das schnelle Steigen des Barometers bei N und NW Wind; wehen diese Winde stärker, so wird durch die starke Temperaturdepression der Luftdruck vergrößert und die Niederschlagung erleichtert. Sinkt dagegen bei heiterm Himmel und SW Wind das Barometer sehr schnell, dann werden viel Dämpfe herbeigeführt und diese dann niedergeschlagen.

Auch diese Tafel zeigt hinreichend, daß die Temperatur hiebei die Hauptrolle spielt; denn wäre dieses nicht der Fall, so müßten die in obiger Tafel gegebenen Größen sich vielmehr nach dem Einflusse der Winde auf die Entstehung des Regens als nach ihrem Einflusse auf die Wärme richten.

Wir wenden uns zu dem letzten Phänomene, dem Stande des Barometers bei Stürmen. Das Quecksilber oscillirt dann mehr oder weniger, ganz den unregelmäßigen Bewegungen des Fluidums folgend, von welchem es getragen wird. Als eine ziemlich allgemeine Regel wird der Satz aufgestellt, das Barometer habe bei Stürmen einen niedrigen Stand. Dieses Gesetz ist nicht allgemein richtig. Die meisten Stürme kommen bei uns aus SW, dabei sinkt das Barometer sehr schnell, so wie es die diesem Winde entsprechende Temperatur erfordert. Häufig geschieht es, daß dieser Wind plötzlich aufhört, es erfolgt Windstille, nach einiger Zeit folgt ein eben so heftiger Wind aus NW, dabei sinkt die Temperatur; aber obgleich die Luft hier eben so schnell bewegt wird, als im ersten Falle, steigt dennoch das Barometer. Eins der auffallendsten von mir beobachteten Beispiele lieferten die Stürme am 14ten und 15ten Januar 1827. Seit mehreren Tagen war der Himmel trübe, häufige Niederschläge fanden bei westlichen Winden Statt. Mit ungeheurer Schnelligkeit zogen die Wolken am 14ten aus SW, Ziegel wurden in Menge von den Dächern geschleudert, dabei mehrmals starker Regen und vom Morgen bis zum Abend ein stetiges Steigen des Thermometers. In der Nacht drehte sich der Wind nach dem nördlichen Theile des Himmels, am 15ten kam er mit Heftigkeit

aus N und NW, dabei stieg das Barometer schnell. Der Stand beider Instrumente war folgender [7]:

Januar 13:	10^h Ab.	Bar. 331''',93,	Therm. — 0°,1 R.
14:	8 M. . . .	27,37	+ 2,6
	10	27,18	3,2
	12	26,29	3,6
	2	25,67	4,3
	4	24,44	5,0
	6	23,75	5,2
	8	22,49	5,3
	10	23,40	5,0
	11	24,14	5,0
15:	8^h M. . .	27,98	1,1
	10	28,90	1,0

Die Schiffer, welche wegen der Abhängigkeit des Barometers von dem Zustande der Atmosphäre auf diese Umstände sorgfältiger achten müssen, haben uns eine große Zahl von Fällen erzählt, aus denen der Zusammenhang zwischen den großen Bewegungen der Atmosphäre und den Aenderungen des Barometers hervorgeht. Krusenstern schreibt die Sicherheit, womit er den Gefahren eines Sturmes stets die geeignetsten Maaßregeln entgegenstellte, hauptsächlich den beharrlichen Barometerbeobachtungen zu, und Scoresby versichert, daß er die Zeit und Stärke der Stürme aus dem Verhalten des Barometers mit einer unter 18 Malen 17 Male zutreffenden Gewißheit vorausgesagt habe [8]).

Wie innig dieser Zusammenhang zwischen Aenderungen des Luftdruckes und Bewegungen der Atmosphäre sey, davon einige Beispiele aus den Berichten von Seefahrern. In der Nähe von Japan hatte Krusenstern im September schon mehrere heftige Winde und trübes Wetter gehabt. Am 30sten, wo der Wind nach SO ging, wollte er sich dem Lande nähern, aber starke

7) Barometer bei 0° R. Die Angaben des Thermometers können nur als annähernd angesehen werden, da das Instrument auf einem von Gebäuden umgebenen Hofe hing. Im Freien würden seine Aenderungen wahrscheinlich noch bedeutender gewesen seyn.

8) Scoresby Account I,373 bei Muncke in Gehler's Wörterbuch I, 935.

Wellen aus SO und beständiges Fallen des Barometers schienen gewisse Vorboten eines Sturmes aus dieser Gegend zu seyn. Um Mittag kamen die Wellen berghoch aus dieser Richtung. Die Sonne hatte eine glanzlose bleiche Farbe und ward bald von den mit großer Schnelligkeit aus SO wälzenden Wolken ganz verdunkelt. Der Wind, welcher allmählig stärker ward, hatte um 1 Uhr ungemein zugenommen, und um 3 Uhr war seine Stärke so groß, daß die Sturmsegel zerrissen. Nichts konnte jetzt der Wuth des Sturmes gleichkommen. So viel ich auch von den Typhons an den chinesischen und japanischen Küsten gehört hatte, fährt Krusenstern fort, so überstieg dieser doch bei weitem meine Erwartung. Das Quecksilber fiel dabei so plötzlich, daß es um 5 Uhr nicht nur ganz unter der Scale verschwand [9]), sondern daß es selbst bei den starken Schwankungen, welche wir vorhin wenigstens auf 4, ja selbst auf 5 Linien über und unter dem Mittel geschätzt hatten, nicht zum Vorschein kam. Da nun unser Barometer auf 27″,6 (englisch) eingetheilt war, so wäre, wenn man hievon 4 Linien abzieht, die Höhe des Quecksilbers nur 27″,2 gewesen, und man könnte sogar behaupten, ohne sich einer Uebertreibung dabei schuldig zu machen, daß die Höhe des Quecksilbers nur 27 Zoll und vielleicht noch niedriger war, weil es beinahe 3 Stunden dauerte, ehe es wieder zum Vorschein kam. Um Mittag war die Höhe des Barometers 29″ 3‴,5, in einer Zeit von 5 Stunden betrug also das Fallen des Quecksilbers $2\frac{1}{4}$ Zoll. Um 8 Uhr Abends ging der Wind von OSO nach WSW; dabei schlug eine Welle plötzlich ins Hintertheil des Schiffes. Diesem kritischen Augenblicke ging eine gänzliche Windstille voraus, die nur wenige Minuten dauerte, dann fing der Wind eben so heftig aus seiner neuen Richtung zu stürmen an. Um 10 Uhr schien der Sturm von seiner Heftigkeit nachzulassen und das Quecksilber erschien wieder im Barometer [10]).

Mehrere ähnliche Thatsachen erzählt Scoresby. In der Nähe Islands hatte er im Anfange des September meistens südliche und östliche Winde, dabei sank das Barometer am 2ten auf

9) Bei dem beobachteten Barometer war die Röhre ganz in Holz eingelegt und dieses nur am obern Theile durchschnitten, im übrigen Theile war die Röhre unsichtbar.

10) Krusenstern Reise I, 252.

auf 28″,35, ohne daß sich ein eigentlicher Sturm zeigte, indem nur ein mäßiger Ostwind wehte, aber die hohe See gab einen hinreichenden Beweis von der Stärke des in Westen wehenden Windes. Am 3ten September legte sich der Wind, am Nachmittage aber drehte er sich nach Norden und fing gleich an mit Heftigkeit zu blasen; dabei flog das Schiff mit ungeheurer Geschwindigkeit fort. Es verdient bemerkt zu werden, fügt Scoresby hinzu, daß das Barometer, welches über 30 Stunden vor dem Anfange des Sturmes auf 28″,35 gefallen war, in dem Augenblicke wieder anfing zu steigen, wo der Sturm seine größte Höhe erreichte. Es stieg ungefähr 0″,4 in sehr kurzer Zeit. Dieses Steigen des Quecksilbers beim Anfange eines Sturmes ist etwas, was ich oft beobachtet habe. Es zeigt aber nicht etwa eine kurze Dauer oder ein baldiges Aufhören des Sturmes an, denn ich habe oft gesehen, daß Stürme 30 bis 40 Stunden darnach mit gleicher Heftigkeit angehalten haben [11]).

Einige Tage später beobachtete Scoresby eine völlig ähnliche Thatsache. Der Wind kam aus SSO und ging sodann nach W, aus welchem Theile des Horizontes er mit großer Heftigkeit wehte. Am folgenden Tage ließ der Wind etwas nach, aber diese Windstille bei dem niedrigen Barometerstande von 28′,5 (engl.) deutete auf eine baldige Rückkehr des Sturmes. Bald sprang auch der Wind nach NWgN um und brach mit fürchterlicher Wuth auf das Schiff los. Erst als der Sturm seine größte Heftigkeit erreicht hatte, fing das Barometer so schnell an zu steigen, daß es in Zeit von 16 Stunden seinen Stand um 1,3 Zoll änderte [12]).

Selbst zwischen den Wendekreisen, wo die Einflüsse äußerer Umstände auf das Barometer sehr unbedeutend sind, steht dieses zur Zeit heftiger Winde sehr unruhig. Wir haben früher die Ursache der heftigen Nordwinde nachgewiesen, welche in dem mexikanischen Meerbusen wehen und welche die Spanier mit dem Namen Nortes bezeichnen [13]). In Vera-Cruz (19° 11′ N) unterbrechen die Nordwinde häufig 5, 6 und selbst 8 Tage hindurch

11) Scoresby Reise auf den Wallfischfang S. 341.
12) Das. S. 358.
13) Bd. I. S. 242.

die regelmäßigen Oscillationen des Barometers, und heben das Barometer von 333''' bis 341'''. Schon vor Ankunft dieser Winde steht das Quecksilber unruhig, und nach den Erfahrungen des Hafen-Capitäns Orta kann man aus der Ansicht des Barometers mit vieler Wahrscheinlichkeit die Nähe, Stärke und Dauer des Sturmes verkünden [14]). Während eines zweimaligen Aufenthaltes von Humboldt in der Havanna stieg das Barometer bei starken Brisen aus NNO um 4 Linien höher als bei heftigen Südwinden [15]).

Die Orcane sind nach den Bemerkungen von Humboldt im Allgemeinen nicht von einem so starken Sinken des Barometers begleitet, als man in Europa glaubt. Ich besitze, fährt er fort, 56 Barometerbeobachtungen, welche der Schiffs-Capitän Don Tomas de Ugarte während des fürchterlichen Orcanes am 27sten und 28sten August 1794 fast von Stunde zu Stunde in der Havanna anstellte, dabei sank das Quecksilber zur Zeit der höchsten Wuth des Sturmes nur um 6 Linien. Kirwan versichert indessen, man habe auf der St. Bartholomäusinsel das Barometer während eines Orcanes (1792) um 18''',6 (42 Millimeter) sinken sehen [16]). Ist, fragt Humboldt, diese Thatsache eben so erwiesen, als ein Sinken von 11''',1 auf Isle de France? [17]).

Eine noch stärkere Depression des Barometers auf Isle de France beobachtete Brunel [18]) während des Orcanes am 14ten December 1786. Der Vorgang bei demselben war folgender:

Dec. 14: 7h M., Bar. 334''',5, Himmel dicht bewölkt, Ostwind;
9 . . . . starker Regen, die Stärke des Windes wächst, dieser geht nach ONO;

14) Humboldt Voyage X, 446. Neu-Spanien I, 69. Schweigger Jahrbuch N. R. XVII, 165.

15) Humboldt Voyage X, 450.

16) Irish Trans. VIII, 387 bei Humboldt Voyage X, 450.

17) Moreau de Jonnès hist. phys. des Ant. I, 420 bei Humboldt l. l.

18) Ephem. Soc. Meteor. Palat. 1788. T. I. p 399.

c. 14:	2 A., ...	333,3,	veränderliche Winde;
	6	332,3	heftige Winde, beständiger Regen;
	8	331,6	
	12	323,9	
15	2½ M., . .	321,3,	der Wind sehr heftig, einige Stöße auch N, der Wind geht nach NW;
	3	324,0,	Donner und Bliz in SW;
	5	334,5,	es heitert sich bei Westwind auf.

er sank das Barometer von 8 bis 12 Uhr, also in 4 Stunden, he um 8 Linien, und stieg von 3 bis 5 Uhr um 10½ Linien, nderungen, wie sie selbst in unsern Breiten selten vorkommen.

Eine ähnliche sehr bedeutende Aenderung des Barometers rde während des Orcans beobachtet, welcher am 21sten und sten September 1819 auf der Insel St. Thomas im mexicachen Meerbusen Statt fand. Die von Beaufoy mitgetheilten ueckſilberhöhen[19]) waren folgende:

Sept. 20:	8^h Ab.	Bar. 337''',34,	Wind N g O
21	8^h Morg. . .	335,99	N
	Mittag . . .	335,09	
	1^h 35' Ab. .	334,53.	
	1. 56. . . .	334,53	NW g N
	2. 15. . . .	334,31	
	2. 45. . . .	334,31	
	3. 15. . . .	333,97	
	3. 55. . . .	333,74	
	7. 20. . . .	332,62	
	8. 35. . . .	332,05	
	9. 20. . . .	330,93	
	9. 55. . . .	330,93	WNW
	10. 30. . . .	329,80	
	11. 0. . . .	329,24	
	11. 45. . . .	328,11	
22.	3. 30 Morg.	324,18	SW
	4. 15. . . .	329,24	
	8. 15. . . .	332,05	

19) Ann. of phil. XV, 332.

Sept. 22. 12^h 30′ Mitt. 334,87, der Orcan mit Donner und Blitz hat seine größte Höhe;
4. 08. . . . 334,87
7. 20. . . . 334,53

Wir sehen also auch hier, wie das Barometer in etwa 4 Stunden (11^h 45′ bis 3^h 30′) um 3 Linien sank und sogleich darauf in weniger als einer Stunde um 5 Linien stieg.

So häufig auch ein schnelles Sinken des Barometers und gleichzeitige heftige Wärme beobachtet worden sind, so hält es doch sehr schwer, diesen Gegenstand dergestalt zu untersuchen, daß wir im Stande wären, ihn bis in das kleinste Detail zu verfolgen; aber fast bei keinem Vorgange in der Atmosphäre wird der Mangel gleichzeitiger Beobachtungen so fühlbar, als hier. Wir sehen, daß die Luft sich mit Schnelligkeit aus einer Gegend entfernt und sich nach einer andern bewegt; während dort das Barometer sinkt, muß es hier steigen. Wir haben es hier gewissermaßen mit einer Welle zu thun, welche sich an einer Stelle erhebt und an einer andern senkt; deren Gestalt wir aber nicht zu bestimmen im Stande sind, da wir ihre Coordinaten nicht kennen. Mögen in Europa noch so viele Beobachter einige wenige Beobachtungen am Tage anstellen, diese Arbeiten genügen nicht zur vollständigen Lösung unseres Problemes. Bewegungen, bei denen das Barometer in kurzer Zeit viele Linien sinkt, sind meistens so ausgedehnt, daß wir in Europa nur einen kleinen Theil von ihnen beobachten können, Messungen in America und Asien, wo das Barometer vielleicht zu derselben Zeit eben so schnell steigt, fehlen. Schon ältere Beobachter, wie Woodward, Wallis und Andere, hatten gefunden, daß die Barometer in entfernten Gegenden meistens zugleich stiegen und fielen; in der Folge untersuchte Pictet den gleichzeitigen Gang des Barometers an mehrern Orten und fand ihn völlig übeinstimmend [20]). Diese Behauptung in Betreff der nahe gleichzeitigen Aenderungen des Barometers wird durch die Forschungen von Brandes bestätigt. Er stellte alle ihm zukommenden Beobachtungen des Barometers bei dem niedrigen

20) Biblioth. univ. XVIII, 261. XIX, 97.

Stande am 24sten December 1821 zusammen. Die Orte, wo diese Messungen gemacht waren, lagen in Frankreich, Italien, England, Deutschland, Norwegen und Island; aus Rußland hatte er Aufzeichnungen aus Abo, Petersburg und Mitau. An allen diesen Orten war das Barometer stark gesunken, weniger in den östlichen Gegenden als in England, weniger in Island als in Frankreich [21]); ja noch weit hin nach Süden mußten sich auf dem atlantischen Meere heftige Stürme gezeigt haben, denn Sabine, welcher den Golfstrom durchschnitt, fand, daß das warme Wasser des nach seiner Quelle zurückkehrenden Stromes bedeutend nach Nordosten getrieben war [22]). Aber ungeachtet der vielen Messungen haben wir es hier doch nur mit einem einseitig beobachteten Phänomene zu thun. Wir dürfen nicht glauben, daß die nicht drückende Luftmasse verschwunden, etwa von der Erde absorbirt war, wie Meinecke glaubte [23]), es ist vielmehr wahrscheinlich, daß diese aus Europa entfernte Luftmasse in einer andern Weltgegend angehäuft wurde; wo dieses aber geschehen sey und wo das Barometer vielleicht einen ungewöhnlich hohen Stand hatte, läßt sich aus Mangel an Nachrichten nicht bestimmen.

Diese weite Verbreitung bedeutender Aenderungen des Barometers wird auch durch die trefflichen Untersuchungen erwiesen, welche Brandes über den Gang der Witterung im Jahre 1783 angestellt hat [24]). Er benutzte dazu vorzüglich Beobachtungen, welche in Europa von Mafra bei Lissabon bis Torneo und Petersburg angestellt waren. Hiebei zeigte sich dann, daß das Barometer, entsprechenden Aenderungen der Wärme zufolge, in einer Gegend gestiegen war, während es in einer entferntern sank. Nachdem in den ersten Tagen des Januar die Kälte stark geworden war, nahm sie am 5ten in Deutschland und Frankreich schnell ab, dagegen sank das Thermometer in Torneo und Petersburg, so daß es am letztern Orte am 9ten bei heiterm Himmel den niedrigen Stand von — 31° (— 25° R.) hatte. Bis zu eben die-

21) Brandes de repentinis variationibus in pressione atmosphaerae observatis. 4. Lips. 1826.

22) Schweigger's Jahrbuch N. R. XXI, 377.

23) Ebend. VIII, 194.

24) Brandes Beiträge S. 26 fg.

sem Tage fällt das Barometer in allen Gegenden des mittlern Europa ziemlich ununterbrochen. In Berlin, Sagan, Copenhagen fiel es 13 bis 14''', in Ofen, Wien, Prag, Erfurt, Göttingen 11''', in Würzburg 9''', in Mannheim 8''', in München 7''', in der Schweiz 3''' und in la Rochelle hatte es seinen mittlern Stand behalten. Dagegen war es in Marseille und Rom vom 5ten bis 7ten gesunken und darauf bis zum 9ten gestiegen. In Petersburg und Torneo, wo die Wärme bedeutend abgenommen hatte, zeigte sich eine starke Zunahme des Luftdruckes, es betrug dieselbe am erstern Orte 5''', am letztern 7''' [25]). Wir haben hier demnach etwa zwischen Berlin, Sagan und Copenhagen eine Gegend, in welcher die relative Wärme am höchsten war, und von hier nahm die Depression des Barometers nach allen Richtungen ab, ein Theil der Luftmasse hatte sich nach dem weit kältern Norden bewegt. Diese Bewegung der Atmosphäre erstreckte sich noch weit über die Gränzen von Europa hinaus. An demselben Tage, wo der Luftdruck in Europa so klein war, hatte das Barometer in New-York und Ipswich in Nord-America einen sehr hohen Stand [26]), und die von Cotte im Detail mitgetheilten Beobachtungen von Beauchamp zu Bagdad [27]) zeigen, daß hier das Thermometer am 18ten Morgens bis — 1°,2 (Mittel etwa 8° R.) sank, und daß das Barometer, welches vom 5ten bis 8ten um 4''',3 gestiegen war, an diesem Tage den höchsten Stand im Monate (etwa 6''' über dem Mittel) erreichte. Erwägen wir nun, daß in Petersburg, Ipswich und Bagdad die Wärme sehr bedeutend abgenommen hatte, so wird begreiflich, wie die Luft aus dem wärmern Deutschland abfließen mußte, während in den rings umher liegenden Ländern eine Anhäufung derselben Statt fand. Wir haben hier also eine wärmste Region mit niedrigem, eine kalte mit hohem Barometerstande. Von der einen bis zur andern mußte ein allmähliger Uebergang Statt finden. Setzen wir die Gränze dorthin, wo das Barometer etwa auf dem Mittel stand und sich der Luftdruck wenig änderte, so scheint sie durch la Rochelle, Marseille und Rom, hierauf östlich von Ungarn und

---

25) Brandes Beiträge S. 45.
26) Ebend. S. 48.
27) Cotte Mém. II, 217.

nördlich zwischen Stockholm und Torneo durchzugehen, so daß sie auf der Oberfläche der Erde eine gekrümmte in sich selbst zurücklaufende Gestalt hat.

Die Luftmassen, zwischen denen auf diese Art das Gleichgewicht aufgehoben war, bewegten sich mit großer Schnelligkeit fort. Am Abend des 8ten erhob sich vorzüglich im südlichen Deutschland ein starker Sturm. In Regensburg brach er am Abend des 8ten aus, dauerte bis zum folgenden Abend und erhob sich am 10ten abermals. In Mannheim stürmte es in der Nacht vom 8ten bis 9ten aus WSW, darauf ward es still bis Abends, aber dann nahm der Sturm wieder zu und scheint selbst am 10ten noch fortgedauert zu haben. Auf dem Gotthard und in Baiern waren die Tage am 8ten bis 10ten Januar sehr stürmisch. In Prag wird in der Nacht vom 8ten bis 9ten Januar ein heftiger Windstoß erwähnt, nachher aber scheint der Sturm nicht so anhaltend fortgedauert zu haben. In Sagan war heftiger SW Wind vom 9ten bis 11ten Januar, in Berlin zwar ein lebhafter, aber nur am 11ten etwas stürmischer Wind; dagegen stürmte es heftiger in Göttingen vom 8ten Abends an. In Copenhagen scheint es erst am 9ten stürmisch geworden zu seyn. An allen diesen Orten war der Wind westlich, in Marseille und auf dem St. Gotthard NW, im mittlern und nördlichen Deutschland meistens SW und W, in Italien war er veränderlich und nicht stürmisch. Stockholm hatte am 8ten und 9ten starken SO, Petersburg O und Spydberga NW Wind, in Bagdad kam er fortwährend aus W. Im Allgemeinen hat es nach Brandes ganz das Ansehen, als ob ein zu starker Druck der Luft in Petersburg und Torneo in den nördlichen Gegenden einen Strom aus Osten her, ein zu starker Druck in den westlichen und südlichen Gegenden einen Zufluß der Luft aus SW her bewirkt habe, um den vorzüglich im nördlichen Deutschland viel zu geringen Druck wieder auszugleichen [28]). Demjenigen zufolge, was wir über Entstehung der Winde und der Barometerbewegungen gesagt haben, konnte der Vorgang kaum ein anderer seyn. Die stark erwärmte Luft [29]) über dem mittlern Deutschland floß in den obern Regionen wahrscheinlich mit unge-

28) Brandes S. 47.
29) Im Sinne des Differentialthermometers.

heurer Schnelligkeit nach allen Seiten ab, und vermehrte hier den Luftdruck, während in den untern Regionen Ströme nach eben diesen Gegenden fließen mußten. Zugleich zeigt uns der eben betrachtete Fall eine auffallende Bestätigung des von Scoresby öfter beobachteten Phänomenes, daß der Sturm erst dann beginnt, wenn das Barometer seinen tiefsten Stand erreicht hat. So lange in den untern Regionen nur noch der aufsteigende Luftstrom vorhanden war, sank das Barometer, die lebhafte Seitenbewegung der Luftmassen war nur in den höhern Theilen der Atmosphäre vorhanden. Erst nach einiger Zeit kam der Wind der untern Regionen an; durch diese hinzugekommenen Luftmassen, die sich wahrscheinlich bald darauf wieder erhoben, um aufs Neue abzufließen, mußte das Quecksilber bald gehoben werden. Diese ankommenden Südwestwinde führten eine große Menge von Dämpfen herbei, welche schnell condensirt wurden, und daher finden wir in diesen Tagen allenthalben starke Regen aufgezeichnet; an manchen Orten übertraf der Niederschlag in den Tagen vom 5ten bis 9ten die mittlere Wassermenge des ganzen Monates.

In dem eben betrachteten Beispiele sahen wir, daß schon in Europa eine Art Ausgleichung Statt fand, indem das Barometer in einer Gegend sank, in einer andern stieg. Wir finden aber viele Fälle, wo das Barometer durch ganz Europa sinkt, wie dieses bei dem von Brandes untersuchten tiefen Stande am 14ten December 1821 der Fall war. Ich will hier ein anderes Beispiel aus dem Jahre 1783 mittheilen, und dabei vorzüglich der Darstellung von Brandes folgen [30]. Das Barometer sank bis zum 9ten Februar sehr tief. Es ergiebt sich aus den vorhandenen Beobachtungen, daß das Barometer im mittlern England vorzüglich tief stand. Am tiefsten, nämlich 14''' unter dem Mittel, stand es zu Lyndon in Rutlandshire. Die Gegend, wo es 13½ unter dem Mittel stand, läßt sich durch eine Linie bezeichnen, die etwas westlich von Franecker, genau über Amsterdam und dann vermuthlich durch das südliche Europa geht. Die Linie, auf welcher es 13''' zu tief stand, geht noch oberhalb Middelburg über den Canal nach St. Malo. Die Linie, wo es 12''' unter dem Mittel steht, geht wenig südlich von Middelburg im holländischen See-

30) Brandes Beiträge S. 73 fg.

land und wenig südlich von Dünkirchen vorbei, dann südwärts nach Paris und von hier nach der Mitte der Bretagne. Die Linie, wo das Barometer 10''',5 zu niedrig stand, geht von Brüssel vermuthlich anfangs ganz südwärts, dann südwestwärts über Orleans nach Rochelle. Die Linie, wo das Barometer 9''' unter Mittelhöhe stand, geht von Göttingen ungefähr über Mainz, nördlich von Metz, südlich von Troyes und nördlich von Limoges vorbei, ungefähr nach Bordeaux. 8''' unter dem Mittel stand es zu Copenhagen und die dieser Differenz folgende Linie geht dann beinahe gerade südlich nach Erfurt zu, dann südwestlich über Würzburg, durch den Elsaß, ungefähr nach Lyon und endlich nach den westlichen Gegenden der Pyrenäen. Der um 7''' zu niedrige Barometerstand geht von Spydberga in Norwegen nach Stockholm, östlich von Berlin, nördlich von Regensburg nach München, südlich von Genf vorbei und durch die ehemalige Dauphiné. Der Barometerstand von 6''' unter der Mittelhöhe fand Statt südlich von Sagan, in Prag, Regensburg, auf dem Gotthard, in einigen Gegenden der Dauphiné und in Montpellier. 5''' zu niedrig stand das Barometer in Marseille und zu Mont Louis am Fuße der Pyrenäen. Endlich stand das Barometer in Ofen und Padua 4''', in Mafra $4\frac{1}{2}$''', in Petersburg und Torneo 3''', in Bologna und Rom etwa 3''' unter der Mittelhöhe.

So haben wir also ganz übereinstimmende Veränderungen durch ganz Europa, indem das Barometer allenthalben unter der Mittelhöhe stand, die Differenz wird desto geringer, je weiter wir uns von England entfernen. Aber auch hier ist kein Verschwinden der Luft, keine Einwirkung des am 9ten eintreffenden Erdbebens in Calabrien, wie van Swinden glaubt, anzunehmen, da ja in diesem Falle die Depression in Italien am größten seyn müßte. Auch in diesem Falle finden wir gleichzeitig einen hohen Druck in einer, einen geringen in einer andern Gegend. Brandes macht darauf aufmerksam, daß das Barometer in New-York am 8ten Februar 9 bis 10 Linien über dem Mittel stand, und aus den Beobachtungen zu Bagdad folgt, daß das Barometer vom Mittage des 8ten bis zum Mittage des 9ten um die für jene Gegenden sehr bedeutende Größe von 5''',6 gestiegen war; dabei war das Thermometer um mehr als 10° gesunken und der Wind nach Norden gegangen. In den meisten Gegen-

den von Europa zeigten sich dabei nur schwache Oscillationen des Thermometers, dagegen sehr bedeutende Stürme, Gewitter und Regen. Nach diesen Stürmen stieg dann das Barometer in Europa sehr schnell, während es in Bagdad bei zunehmender Wärme eben so schnell sank.

So wenig wir auch den Vorgang bei irgend einer großen Oscillation des Barometers kennen, so ist doch nach dem Gesagten so viel gewiß, daß das Quecksilber in einer Gegend der Erde steigt, während es in einer andern sinkt, und daß der mittlere Druck wenigstens der trocknen Luft in demselben Momente eine constante Größe sey, so daß wir weder ein Verschwinden noch ein Entstehen neuer Luftmassen annehmen müssen. Ja könnten wir bei großen Bewegungen ein Netz von Beobachtungsorten über die ganze Erde legen, so würden wir wahrscheinlich auf der ganzen Erdoberfläche in demselben Momente Punkte mit höchstem und niedrigem Stande finden.

Nach dem Gesagten ist die Temperaturdifferenz in verschiedenen Gegenden der Erde Ursache dieser lebhaften Bewegungen, es wird namentlich in Europa der Gegensatz zwischen dem wärmern Meere und dem kältern Festlande im Winter häufig weit verbreitete Luftströme erzeugen. Hat die Luft im Innern des Festlandes den größten Theil ihrer Dämpfe verloren, so findet bei dem heitern Himmel eine schnelle Ausstrahlung der Wärme Statt, trifft es sich, daß zu derselben Zeit der Himmel im westlichen Europa sehr trübe ist, so wird hier die Wärme schnell steigen, das Barometer sinken, und mehr oder minder heftige Stürme werden die Folge davon seyn. Da sich dieser Gegensatz der Temperatur in der Regel von SW nach NO zeigt, so rückt auch meistens der tiefste Stand, so wie er sich weiter bewegt, in dieser Richtung fort. Schon Steiglehner machte darauf aufmerksam [31]), daß das barometrische Minimum in der Regel von W nach O fortrücke, und Brandes hat dieses in den meisten von ihm betrachteten Fällen bestätigt gefunden.

In einem Aufsatze über barometrische Minima [32]) hat Dove gezeigt, daß die tiefen Stände vorzüglich durch ein lange fort-

---

31) Ephem. Soc. Met. Pal. 1782. p. 452.

32) Poggendorff's Ann. XIII, 596.

dauerndes Anhalten des Südstromes bedingt würden, und daß sich dieses an den verschiedenen Beobachtungsorten darstelle als ein Durchgang durch das Minimum der Windrose in der Richtung SWNO. Er betrachtet deshalb die beiden von Brandes[33]) näher betrachteten Minima vom 24sten December 1821 und vom 3ten Februar 1823, und weist speciell nach, wie hier alle Erscheinungen sich aus diesem Strome oder den Wirbeln herleiten lassen, welche durch sein Zusammentreffen mit dem Nordstrome erzeugt werden. Es genüge hier, die Bemerkungen über das Minimum vom 24sten December 1821 größtentheils mit den Worten des Verfassers mitzutheilen.

Fast allenthalben hatte in Europa im November und December ein stürmischer SW Wind geweht, welcher sich selbst weithin auf dem atlantischen Meere gezeigt hatte, wie dieses die schon erwähnte und von Sabine bemerkte Verrückung des Golfstromes beweist. In manchen Gegenden wehte dieser Wind mit großer Heftigkeit wochenlang; von Livorno bis Barcellona richtete dieser Sturm ungeheuren Schaden an, aus allen Gegenden Nachrichten von Schiffbrüchen.

Während dieser ganzen Periode war die Temperatur allenthalben erhöht. In Tolmezzo stieg das Thermometer im Schatten auf 25° R. In Genf steigt das Thermometer in der Nacht vom 24sten zum 25sten rasch um 5° und steht am höchsten auf 12°,5 am 25sten Morgens um $1\frac{1}{2}$ Uhr. In Boulogne sur mer steht das Thermometer am höchsten am 25sten Morgens um 3^h $25'$ auf 9°,4 C, eine halbe Stunde vor dem barometrischen Minimum; in Paris Abends 9^h am 25sten + 9°,6 C. In Hamburg steht es Abends 7 Uhr 2°,5 R. höher als Mittags. In Paris ist die mittlere Temperatur des Monats + 9°,7, also 5°,7 höher als im Mittel.

In derselben Zeit ist es in America sehr kalt, das Thermometer sank dort mehrmals bis zu — 15° R, die Kälte soll sich selbst bis in die Aequinoctialgegeden ausgebreitet haben[34]).

---

33) De repentinis variat. in press. atm. observatis. 4. Lips. 1826.

34) Bibl. univ. XIX, 218.

Ein so heißer Luftstrom, als dieser SW über Europa, muß natürlich, wenn er mit stürmischer Schnelle in immer höhere Breiten eindringt, furchtbare Niederschläge geben, und dieser plötzliche Niederschlag wird der Gewitterbildung vorzüglich günstig seyn. Diese Niederschläge werden da, wo die Alpen wie eine Mauer ihn hemmen, Gebirgsniederschläge seyn, in der Ebene zuerst Niederschläge der Ostseite, dann die des durchgedrungenen SW, zuletzt im Verdrängen desselben durch eine kältere Luft Niederschläge der Westseite. Alle Thatsachen deuten darauf, daß die Dämpfe durch südliche Winde herbeigeführt werden.

Jenseits der Alpen finden wir große Ueberschwemmungen durch Gebirgswässer. In Piemont führen die ausgetretenen Bäche Brücken und Häuser fort, die Scrivia erhebt sich bei Tortona zu einer außerordentlichen Höhe, die Straße von da nach Plaisance, von Turin nach Novi sind überschwemmt, alle Wege östlich und südlich von Genua sehr beschädigt. Auf dem Bernhard fallen in 24 Stunden 13 Zoll Schnee, und am 26sten als der Wind nach NO herumgeht, noch 9 Zoll. Und eben dieses gilt für Frankreich und England, allenthalben wird der Monat als ungewöhnlich warm und feucht charakterisirt.

Nach den von Brandes mitgetheilten Thatsachen rückt das Minimum fort in der Richtung des SW-Stromes von Brest nach Apenrade. Diese Fortpflanzung des Effectes ist am ungestörtesten da, wo die ebene Fläche des Meeres dem Winde kein Hinderniß entgegenstellt. Aber da, wo eine Gebirgswand sich ihm entgegenstellt, wird nothwendig eine Anhäufung der Luft diesseits der Gebirgswand Statt finden müssen, jenseits derselben hingegen eine sprungweise Erniedrigung des Barometers, und so finden wir auch, daß jenseits der Alpen das Barometer plötzlich höher steht, als diesseits. In der Höhe, wo dieses Hinderniß wegfällt, wird auch seine Wirkung aufhören; wir sehen daher auf dem St. Bernhard schon ein rasches Fallen, während dieses in der lombardischen Ebene noch nicht bemerkt wird. Da aber die Differenzen des Druckes, je tiefer am Boden, desto größer sind, so wird in den Spalten des Gebirges, wo die Luft hindurchdringen kann, dieses mit der größten Heftigkeit geschehen. Deswegen wüthet der Sturm in den Thälern weit heftiger als auf dem Gipfel der Berge. Diese Differenzen werden natürlich abnehmen, je länger der Strom dauert

und je mehr sich dessen Intensität vermindert, daher werden die Differenzen diesseits des Gebirges immer kleiner.

Aus allen von Brandes und Dove gesammelten und in ihren Abhandlungen speciell mitgetheilten Thatsachen geht unverkennbar hervor, daß sich dieses Minimum an demselben Orte als ein stürmischer Durchgang durch die Windrose in der angegebenen Richtung charakterisirt.

In den meisten Fällen folgt eine starke Depression des Quecksilbers auf länger schon anhaltende Südwinde; weit seltener ereignet es sich, daß es auf dauernde Nordwinde bei schnell zunehmender Temperatur, anfänglich in der Höhe und dann in der Tiefe, folgt. Wenn bei dem gewöhnlichen Vorgange der Wind sich stürmisch nach Norden dreht, und der Nordwind das Uebergewicht erhält, dann geschieht es nicht selten, daß das Maximum des Luftdruckes kurze Zeit nach dem Minimum folgt. Schon L. v. Buch legte auf diesen Umstand ein großes Gewicht. „Ueberhaupt wissen diejenigen wohl, welche das Barometer fleißig beobachten, daß die äußersten Extreme der tiefen und hohen Stände im Winter gewöhnlich gar wenige Tage von einander entfernt sind; und ich glaube bemerkt zu haben, daß vom tiefem Stande zum hohen das Quecksilber schnell hinaufläuft, nicht aber umgekehrt"[35]). So weit ich Beobachtungen verglichen habe, zeigte sich mir in den meisten Fällen eine Bestätigung dieses Satzes, welche eine nothwendige Folge aus der von Dove angegebenen Drehung des Windes und dem Einflusse von diesem auf die Temperatur ist. Heftige Niederschläge werden Folge dieser Vermischung seyn, die Luft mehr oder weniger ausgetrocknet werden; erhält dann endlich der Nordwind das Uebergewicht, so wird diese schon an sich kalte Luft ein beständiges Zuströmen in den obern Regionen erzeugen, die Wolken verschwinden schnell, und bei der lebhaften Strahlung des Bodens nimmt die Kälte immer mehr zu. Jedoch nur wenn dieses Steigen in der letzten Zeit langsamer erfolgte, dürfen wir auf kaltes dauerndes Wetter rechnen, die Drehung des Windes geht nunmehr langsam vor sich; war aber das Barometer schnell gestiegen, so geschieht es nicht selten, daß es in kurzer Zeit wieder

35) Abh. d. Berl. Acad. 1818. S. 95.

sinkt, es folgt ein zweites Minimum, das aber meistens nicht so bedeutend ist, als das erste.

Mögen wir nun mit Dove annehmen, daß der ganze Vorgang bei diesem Phänomene in einer Drehung des Windes und in einem Fortrücken der Ströme bestehe, oder möge irgend eine andere Hypothese darüber aufgestellt werden, so viel ist gewiß, daß diese großen Oscillationen des Barometers mit Bewegungen der Atmosphäre verbunden sind, welche sich über einen großen Theil der Erde erstrecken, große Wellen durch den ganzen Luftocean. Aber so wie bei jeder Wellenbewegung die Oscillationen noch länger fortdauern, so auch hier, zumal da in dem vorliegenden Falle die Stürme, welche Folgen vorhergehender Temperaturdifferenzen sind, ihre Fortdauer selbst durch anomale Condensationen des Dampfes und Aenderungen der Wärme bedingen.

Mangel an gleichzeitigen Beobachtungen in entfernten Gegenden der Erde verstattet uns nicht, dieses gegenseitige Verhalten der Witterung auf der ganzen Erde zu vergleichen, aber man kann meistens annehmen, daß wenn die Witterung in einem großen Theil der Erde einen anomalen Gang hat, sie in einem andern einen abweichenden in entgegengesetzter Richtung habe. Dove macht auf mehrere hieher gehörige Thatsachen aufmerksam. Egede Saabye erzählt von Grönland: die Dänen haben bemerkt, daß wenn der Winter in Dänemark strenge gewesen, der grönländische nach seiner Art gelinde war, und umgekehrt. Im Jahre 1802 war der Sommer im westlichen Europa sehr trocken, im östlichen Asien anhaltender Regen und ungeheure Ueberschwemmungen. Während der strengen Winter 1798, 1799 herrschten in Frankreich und Deutschland fast unausgesetzt NO und O. Da wo der N und O Wind in dem Sommer dieser Jahre wehte, war es sehr trocken bei vollkommen heiterm Himmel. In Grönland war der Winter im Jahre 1799 so mild, daß in Lichtenau im December das Thermometer meist einige Grade über dem Gefrierpunkte stand. Hingegen der Sommer wintermäßig durch häufige Schneefälle [36].

Es fehlt uns im Ganzen zu sehr an Thatsachen, um diesen Gegenstand durch eine größere Zahl von Beispielen zu belegen.

---

36) Poggendorff's Ann. XIII, 592.

Aber das Jahr 1821 bis 1822 giebt uns davon einen auffallenden Beweis. Auf den niedrigen Barometerstand folgte ein gelinder Winter, in Paris und in andern Orten des westlichen Europa waren die Temperaturen des Januar und Februar mehrere Grade höher als im Mittel, dagegen zeichnete sich der Winter von 1822 nach den von Lovell bekannt gemachten Thatsachen in Nord-America durch große Kälte aus, und vielleicht hat dasselbe im Innern Asiens Statt gefunden. Dann folgte ein Sommer, welcher in Paris mehrere Grade wärmer war, als im Mittel, die Menge des im ganzen Jahre 1822 herabgefallenen Wassers war etwas kleiner als im Durchschnitte. Aber diese großen Bewegungen zeigten sich auch weiter östlich. Während in Europa im Sommer die trocknen Winde das Uebergewicht hatten, herrschten in Hindostan bei Stürmen feuchte Seewinde, und in Bombay fielen in diesem Jahre 1822 33¼ englische Zoll mehr Wasser herab, als im Mittel in den Jahren 1817 bis 1827 [37]).

Behalten wir den Gegensatz zwischen Festland und Meer vor Augen, erwägen wir, daß in beiden großen Continenten die Biegung der Isothermen wahrscheinlich an den Westküsten am stärksten ist, dann ist es wahrscheinlich, daß die Westküsten beider Continente in dem Verhalten der Witterung eine mehr oder weniger große Aehnlichkeit unter einander, einen mehr oder weniger auffallenden Gegensatz gegen die Witterung im Innern der Ländermassen zeigen werden. Sollte sich dieses einst beweisen lassen, dann erhielte die Hypothese von Dove über die gleichzeitige Existenz zweier nördlichen und zweier südlichen Ströme [38]) keine geringe Bestätigung.

Unter den wenigen mir bekannten Thatsachen, welche für diesen Zusammenhang großer Bewegungen der Atmosphäre und für den damit zusammenhängenden Gegensatz der Witterung im Laufe ganzer Jahreszeiten sprechen, möge noch folgende erwähnt werden. Das Jahr 1824 und der darauf folgende Winter von 1825 werden noch lange in schrecklichem Andenken für viele Bewohner von Europa bleiben. Die schreckliche Ueberschwemmung

---

37) Die Beobachtungen werden mitgetheilt im Edinb. Journ. of Sc. X, 141.

38) Bd. I. S. 254.

des Rheins, dann die Sturmfluthen in Petersburg, späterhin in Schleswig und Holstein, waren nach den gründlichen Untersuchungen von Muncke und Schübler [39]) Folgen der vorhergehenden, lange Zeit anhaltenden Stürme aus SW. Dabei war das Barometer sehr unruhig, wie dieses die Untersuchung von Hällström genügend beweist [40]), die Regen so häufig, daß besonders im südlichen Deutschland allenthalben, selbst auf Straßen und Märkten Quellen hervorbrachen. Die Wärme der Wintermonate war dabei größer als im Mittel. Anders dagegen war der Gang schon auf Island. Nach den Beobachtungen von Thorstensen zu Reikiavig zeichnete sich dieser Monat, namentlich der December durch eine Kälte aus, welche mehrere Grade größer war, als die mittlere, und mehrmals hatte das Barometer hier einen hohen Stand, wenn es in Copenhagen niedriger war [41]). Dieses Jahr, welches sich in Europa durch Nässe auszeichnete, war in Hindostan eben so trocken, denn in Bombay war die Regenmenge um 44 englische Zoll kleiner als die mittlere.

Oestlich von Hindostan war an den Ufern des großen Oceans und auf diesem das Wetter eben so als in Europa. Einige Beobachtungen von Kotzebue mögen dieses bestätigen. „Der Winter trat nun in Californien mit aller Macht ein. Wir hatten sehr oft stürmisches Wetter und Regen; den 9ten October alten Styls wehte der Wind aus Südwesten mit der Gewalt der ost- und westindischen Orcane, riß die Dächer von den Häusern, entwurzelte die stärksten Bäume und richtete große Zerstörungen an. Eines unserer dicksten Ankertaue riß, und wenn das zweite, noch dickere, nicht gehalten hätte, so wären wir an die felsigen Ufer des Landes getrieben worden. — Glücklicherweise dauerte die höchste Wuth des Sturmes nur wenige Stunden; doch das war hinlänglich, um vielen Schaden in der Gegend anzurichten. Das Wasser verbreitete sich über alle niedrigen Stellen des Landes mit einer solchen Schnelligkeit, daß unsere Leute kaum Zeit hatten, das Zelt mit den astronomischen Instrumenten in Sicherheit zu bringen. Nach genauerm Vergleich der Tageszeit von St. Petersburg und St.

39) Poggendorff's Annalen III, 129—155.
40) Magazin for Naturvidenskaberne V, 362.
41) Schouw in Tiddskrift for Naturvidenskaberne IV, 259.

St. Francisco, vermöge der Längendifferenz, ergiebt sich, daß die große Ueberschwemmung, welche in Petersburg so viel Unheil anrichtete, und diese in Californien, nicht allein an demselben Tage Statt fanden, sondern auch in derselben Stunde ihren Anfang nahmen [42]). Auch mehrere hundert Meilen weiter nach Westen, auf den Sandwichinseln, hatte zu gleicher Zeit ein eben so starker Sturm gewüthet, so wie abermals Hunderte von Meilen weiter, auf den Philippinen, wo er mit einem Erdbeben verbunden war, durch welches mehrere Häuser einstürzten. In der Bai von Manilla war die Gewalt des Windes so furchtbar gewesen, daß eine französische Corvette, unter Befehl des Capitäns Bougainville, eines Sohnes des berühmten Seefahrers, in dem so sichern Hafen entmastet ward, wie man uns dies auf den Sandwichinseln und in Manilla selbst erzählte" [43]).

Einige Tage später reiste Kotzebue von Californien nach den Sandwichinseln. „Ein fortwährend starker Nordwest begünstigte diese Fahrt so sehr, daß wir schon am 3ten December (alten Styls) in der Länge von 135° 58′ (Greenwich) den Wendezirkel des Krebses durchschnitten, den Passatwind gewannen, vermittelst desselben unsern Lauf westlich nahmen, und uns einbildeten, hier in der Tropenregion keinen Stürmen mehr unterworfen zu seyn. Darin hatten wir uns aber für dieses Mal sehr geirrt. Bereits am 5ten begann der Sturm mit großer Heftigkeit aus SO zu zu wehen, so daß wir gezwungen waren, alle Segel einzunehmen. Den 6ten ging der Sturm mit gleicher Stärke nach Westen über, und den 7ten nach Norden. Aus dieser Gegend erhielten wir die

42) In mehreren öffentlichen Blättern ist bemerkt worden, daß dieses nicht der Fall seyn könne, da die Petersburger Ueberschwemmung erst im November Statt fand. Daß sich Kotzebue hier um einen ganzen Monat sollte versehen haben, scheint mir nicht wahrscheinlich, vielmehr vermuthe ich, daß hier ein Schreibfehler im obigen Datum liegt. Der Prof. Eschscholz wurde von diesem Sturme auf der Rückkehr von der nur wenige Tagereisen entfernten Colonie Roß überfallen, und kurze Zeit nach der Ankunft von diesem, am 18ten November, traten Kotzebue und Eschscholz eine Excursion ins Innere des Landes an, so daß wir wohl 9 November statt 9 October lesen müssen.

43) Kotzebue Neue Reise II,73.

allerheftigsten Windstöße; aber nun klärte sich der Himmel auch bald auf und der Sturm legte sich. Am 8ten gegen Abend trat der hier gewöhnliche Passat wieder ein. Ich erwähne dieser Stürme nur, weil sie zwischen den Wendezirkeln, in so großer Entfernung vom Lande, fast beispiellos sind, besonders der aus Westen. Aber dieses Jahr schien überhaupt ganz aus dem gewöhnlichen Geleise getreten zu seyn, und brachte eine Menge zerstörender Naturbegebenheiten hervor, über die man allenthalben klagte, wo wir hinkamen" [44]).

Auch in Africa scheinen in dem Winter von 1824 und 1825 sehr heftige Stürme geherrscht zu haben. Als nämlich in der Nacht vom 19ten Januar 1825 das englische Schiff Clyde in einer Entfernung von 200 Lieues von der africanischen Küste, zwischen den Parallelen des Gambiaflusses und des grünen Vorgebirges von Norden nach Süden segelte, war das ganze Schiff mit feinem Sande bedeckt. Der Wind hatte dabei mit Heftigkeit aus Richtungen zwischen NO und O geweht [45]), wahrscheinlich war der Sand also aus Africa herbeigeführt.

Bei so großen Bewegungen der Atmosphäre wird dann selbst zwischen den Wendekreisen die große Regelmäßigkeit der Witterung nicht selten gestört, und diese Störungen fallen hier mehr auf, als in höhern Breiten, wo warme und kalte, nasse und trockne Tage im Laufe des ganzen Jahres wechseln; noch deutlicher kann man diese Anomalieen in denjenigen Gegenden bemerken, wo sich der Zusammenhang zwischen den Erscheinungen verschiedener Länder nachweisen läßt. In Aegypten, wo der Regen zu den Seltenheiten gehört, wird ein Gewitter als böses Omen angesehen und man prophezeiht daraus eine schlechte Erndte. Dieser Glaube scheint nicht ganz ohne Grund zu seyn. Die Dämpfe des Mittelmeeres werden von den Nordwinden nach Süden getrieben; noch mehr erwärmt gelangen sie im elastischen Zustande bis zu den Gebirgen des Sudan, wo sie condensirt werden. Je stärker die Ebenen erwärmt sind, desto lebhafter wird der von ihnen erzeugte

---

44) Kotzebue Neue Reise II, 83.

45) Ann. de chimie XXX, 430.

Nordwind, desto größer die Menge nach Süden gegangener Dämpfe, man erwartet eine starke Ueberschwemmung des Nils, darf aber in ganz Aegypten auf keine Niederschläge rechnen. Ist der Gang der Moussons gestört, so finden in Aegypten häufige, auf dem Hochlande geringe Regen Statt, eine schwache Nilschwelle und Hungersnoth sind Folgen davon. Wir finden bei den Historikern mehrere Fälle dieser Art erzählt, eins der auffallendsten in der Bibel. Als Moses mit dem Stamme Abraham's aus Aegypten ziehen wollte, so fand allen erzählten Thatsachen zufolge eine schwache Ueberschwemmung Statt, die Fische starben, das Wasser wurde stinkend, und die Aegypter ekelten sich zu trinken das Wasser aus dem Strome [46]. Aber kurz vor der Nilschwelle wird das Wasser alljährlich schlecht [47]), der Typhon der Wüste, der Chamsin, weht dann häufig; Infusorien, welche sich durch die Hitze zu bilden scheinen [48]), werden dann dem Leben schädlich [49]). Erst bei der schnellern Störung, welche durch das ankommende Wasser des Hochlandes erzeugt wird, gewinnt das Wasser wieder seine verlorne Güte. Sind daher die Niederschläge im Hochlande klein, so wird in dem stagnirenden Wasser eine Menge Ungeziefer (Frösche nach Luther's Uebersetzung) gebildet, Pest, Ausschlag und Läuse werden von selbst erscheinen. Dabei wird der Himmel in Aegypten häufiger bewölkt, Regen und Gewitter werden sich zeigen. „Und der Herr ließ donnern und hageln, daß das Feuer auf die Erde schoß. Also ließ der Herr Hagel regnen über ganz Egyptenland." Die Juden, welche wahrscheinlich in den östlichen Gebirgsketten mit ihren Heerden weideten und hier ein wahres Beduinenleben führten, wahrscheinlich die Caravanen und die Städte von Zeit zu Zeit plündernd, weshalb die Hirten den Aegyptern ein Gräuel waren [50]), litten weit weniger von dieser geringen Ueberschwemmung, weil ihre Weideplätze durch den häufigen Regen befruchtet wurden; Krankheiten

---

46) II Moses VII, 17. Ich bemerke dabei, daß die Lieblichkeit des Nilwassers im Orient sprichwörtlich ist.

47) Bruce Reisen III, 714.

48) Rüppell Reisen S. 297.

49) Abdallatif relat. de l'Eg. p. 4.

50) I Moses XLVI, 34.

fanden unter ihnen nicht so häufig Statt; daß aber die J
nicht so verschont blieben, als uns Moses erzählt, scheint da
hervorzugehen, daß dem Tacitus [51]) zufolge die Juden des
satzes wegen aus Aegypten gejagt wurden: Eine Behaupt
welche nicht blos durch Abbildungen, welche die Franzosen
den alten ägyptischen Monumenten fanden, sondern auch
die ganze Lebensweise der Beduinen einen hohen Grad von W
scheinlichkeit erhält.

---

51) Tacitus hist. V, 1, 2.

Siebenter Abschnitt.

Von den electrischen Erscheinungen der Atmosphäre.

Die Erklärung von wenigen Erscheinungen der Atmosphäre hat den ältern Physikern so viel Mühe gemacht, als die des Blitzes [1]). Einen so gewaltigen Eindruck machte dieses Phänomen auf die ältesten Bewohner der Erde, von denen uns Nachrichten überliefert sind, daß nur der oberste der Götter die Macht hatte, Blitze auf die Erde herabzuschleudern, und fast alle Völker, die wir durch Reisende in den letzten Jahrhunderten kennen gelernt haben, hatten Vorstellungen, welche mehr oder weniger an die Mythologie der Griechen erinnern.

---

1) Die Quellen für die electrische Natur dieser Erscheinungen sind: Dr. Benjamin Franklin's sämmtliche Werke, nebst des franz. Uebersetzers Barbey Dubourg Zusätzen mit Anm. von G. T. Wenzel. 8. Dresden 1780. Bd. I. Beccaria osservazioni della elettricità terrestre atmosferica a cielo sereno bei seinem Elettricismo artificiale. Torino 1772. 4. v. Gersdorf über meine Beobachtungen der atm. Electricität. Görlitz 1802. 4. J. A. Reimarus vom Blitze. 8. Hamburg 1778. Desselben neuere Bemerkungen vom Blitze das. 1794. P. Mako vom Donner. 8. Wien 1775. Bertholon de St. Lazare die Electric. d. Luftersch. a. d. Franz. 8. Liegnitz 1792. W. A. Lampadius Versuche u. Beob. über Electr. u. Wärme der Atmosphäre. 8. Leipzig 1805. A. Volta della Meteorologia elettrica in Opere di Volta. 8. Firenze 1816. Tomo I. Parte II. Ein Theil dieser Abhandlungen ist übers. unter dem Titel: Alex. Volta's meteorolog. Beob., besonders über die atmosph. Electr. 8. Leipz. 1799. Besondere Abhandlungen u. Beobachtungen finden sich von Ronayne in Phil. Trans. LXII, 138. Schübler in Schweigger's Jahrb. VIII, 131. XI, 337. XIX, 1 u. s. w. Saussure Reisen durch die Alpen Bd. III. Erman in Gilbert's Ann. XV, 385. Prechtl in Gehlen's Journal VIII, 297. Crosse in Gilbert's Ann. LIV, 49. Read in Phil. Trans. LXXXI, 185 u. s. w. Außerdem in allen Schriften über Meteorologie oder Electricität.

In den Schulen der griechischen Philosophen wurde das Gewitter aus Dünsten abgeleitet, welche in der Höhe entzündet würden: eine Ansicht, welche uns Aristophanes in seinen Wolken mit vielem Witze und beißendem Spotte vorträgt. Diese Hypothese, mehr oder weniger abgeändert, wurde von den Physikern bis zur Mitte des vorigen Jahrhunderts ziemlich allgemein angenommen. Namentlich sollten es Dünste von Schwefel und Salpeter seyn, welche in der Luft schwebten und die Materie des Blitzes abgäben, eine Ansicht, welche von Scheuchzer zur Erklärung einer Reihe von Thatsachen benutzt wurde [2]).

Jedoch schon frühe hatten einzelne Physiker Hypothesen aufgestellt, welche der wahren Ursache des Blitzes nahe waren. Schon Gilbert hatte auf die Aehnlichkeit des Blitzes mit dem electrischen Funken aufmerksam gemacht [3]). Späterhin verglich Dr. Wall den Blitz und Donner mit dem Leuchten des geriebenen Bernsteins und dem knisternden Laute beim Ueberspringen eines Funkens [4]). Als Grey einige Versuche mit der verstärkten Electricität anstellte, so glaubte er, daß der Vorgang beim Gewitter derselbe sey [5]).

Nachdem der Domherr von Kleist zu Cammin in Pommern und Musschenbroek und Cunäus in Leyden gleichzeitig die electrische Ladungsflasche entdeckt hatten, gingen die Naturforscher in ihren Folgerungen noch weiter. Namentlich suchte Nollet die große Aehnlichkeit zwischen dem Gewitter und electrischen Erscheinungen ausführlich zu entwickeln [6]). „Wenn Jemand, so lauten seine Worte, durch eine consequente Vergleichung der Erscheinungen zu beweisen suchte, daß der Donner in den Händen der Natur dasselbe ist, als die Electricität in den unsrigen; daß eben diese wunderbaren Erscheinungen, welche wir gegen-

2) Scheuchzer Natur-Historie des Schweizer-Landes III, 38.

3) Nach Saussure Reisen III, 68. §. 648.

4) Phil. Trans. XXVI. 1708. No. 314.

5) Phil. Trans. abridged VIII, 401 bei Priestley Histoire de l'Ectr. I, 107.

6) Nollet Leçons de physique IV, 314. Priestley hist. de l'Electr. I, 313. (9te Periode 2ter Abschnitt.) Pfaff in Gehler's Wörterb. I, 982.

wärtig ganz nach Willkür hervorbringen können, nur kleine Nachahmungen jener großen, von uns gefürchteten Vorgänge sind, und daß alles von demselben Mechanismus abhängt; wenn man zeigte, daß eine Wolke, welche durch Einwirkung der Winde, Wärme, Mischung von Dünsten u. s. w. zugerichtet ist, in Gegenwart eines terrestrischen Gegenstandes weiter nichts ist, als ein electrisirter Körper in der Nähe eines nicht electrisirten, so würde mir diese Idee, falls sie gut durchgeführt würde, wohl gefallen. Und wie viel wichtige Gründe zur Behauptung dieser Ansicht bieten sich demjenigen dar, welcher die Gesetze der Electricität kennt? Die allgemeine Verbreitung der electrischen Materie, die Schnelligkeit ihrer Wirkung, ihre Entzündbarkeit und ihre Fähigkeit andere Körper zu entzünden, ihr Vermögen Körper im Innern und Aeußern bis in die kleinsten Theile zu erschüttern, das auffallende Beispiel dieser Art in der Leydener Flasche, die Vorstellung, daß wir hier nur eine größere Stärke der Electricität annehmen dürfen u. s. w. Alle diese Analogieen, mit denen ich mich seit einiger Zeit beschäftige, bringen mich zu der Ueberzeugung, daß man bei Anwendung der Gesetze der Electricität Hypothesen über das Gewitter aufstellen könnte, welche weit vernünftiger und wahrscheinlicher als die bisher vorgetragenen wären." Noch mehrere Gründe für die electrische Natur des Gewitters stellte Winkler auf, und nur der Grad der Stärke bildete nach ihnen einen Unterschied [7]).

Nachdem Franklin eine Reihe electrischer Versuche gemacht hatte, stellte er viele Thatsachen zusammen, welche diese Hypothese bestätigten. Er selbst war jedoch lange nicht im Stande, auf directem Wege die electrische Natur des Gewitters zu beweisen, schlug aber vor, man sollte hohe metallene Stangen auf einer isolirenden Basis aufstellen und untersuchen, ob sie electrisch würden, wenn Gewitter darüber fortzögen. Die beiden Franzosen Dalibart zu Marly la Ville und Delor zu Paris fanden im Mai 1752 sehr starke Spuren von Electricität [8]). Noch in demselben Jahre wurden die Versuche von Canton, Wilson

7) Winkler Von der Stärke der electr. Kraft des Wassers in gläsernen Gefäßen. 8. Leipzig 1746.

8) Franklin's Werke I, 159.

In den Schulen der griechischen Philosophen wurde das Gewitter aus Dünsten abgeleitet, welche in der Höhe entzündet würden: eine Ansicht, welche uns Aristophanes in seinen Wolken mit vielem Witze und beißendem Spotte vorträgt. Diese Hypothese, mehr oder weniger abgeändert, wurde von den Physikern bis zur Mitte des vorigen Jahrhunderts ziemlich allgemein angenommen. Namentlich sollten es Dünste von Schwefel und Salpeter seyn, welche in der Luft schwebten und die Materie des Blitzes abgäben, eine Ansicht, welche von Scheuchzer zur Erklärung einer Reihe von Thatsachen benutzt wurde [2]).

Jedoch schon frühe hatten einzelne Physiker Hypothesen aufgestellt, welche der wahren Ursache des Blitzes nahe waren. Schon Gilbert hatte auf die Aehnlichkeit des Blitzes mit dem electrischen Funken aufmerksam gemacht [3]). Späterhin verglich Dr. Wall den Blitz und Donner mit dem Leuchten des geriebenen Bernsteins und dem knisternden Laute beim Ueberspringen eines Funkens [4]). Als Grey einige Versuche mit der verstärkten Electricität anstellte, so glaubte er, daß der Vorgang beim Gewitter derselbe sey [5]).

Nachdem der Domherr von Kleist zu Cammin in Pommern und Musschenbroek und Cunäus in Leyden gleichzeitig die electrische Ladungsflasche entdeckt hatten, gingen die Naturforscher in ihren Folgerungen noch weiter. Namentlich suchte Nollet die große Aehnlichkeit zwischen dem Gewitter und electrischen Erscheinungen ausführlich zu entwickeln [6]). „Wenn Jemand, so lauten seine Worte, durch eine consequente Vergleichung der Erscheinungen zu beweisen suchte, daß der Donner in den Händen der Natur dasselbe ist, als die Electricität in den unsrigen; daß eben diese wunderbaren Erscheinungen, welche wir gegen-

2) Scheuchzer Natur-Historie des Schweizer-Landes III, 38.

3) Nach Saussure Reisen III, 68. §. 648.

4) Phil. Trans. XXVI. 1708. No. 314.

5) Phil. Trans. abridged VIII, 401 bei Priestley Histoire de l'Ectr. I, 107.

6) Nollet Leçons de physique IV, 314. Priestley hist. de l'Electr. I, 313. (9te Periode 2ter Abschnitt.) Pfaff in Gehler's Wörterb. I, 982.

wärtig ganz nach Willkür hervorbringen können, nur kleine Nachahmungen jener großen, von uns gefürchteten Vorgänge sind, und daß alles von demselben Mechanismus abhängt; wenn man zeigte, daß eine Wolke, welche durch Einwirkung der Winde, Wärme, Mischung von Dünsten u. s. w. zugerichtet ist, in Gegenwart eines terrestrischen Gegenstandes weiter nichts ist, als ein electrisirter Körper in der Nähe eines nicht electrisirten, so würde mir diese Idee, falls sie gut durchgeführt würde, wohl gefallen. Und wie viel wichtige Gründe zur Behauptung dieser Ansicht bieten sich demjenigen dar, welcher die Gesetze der Electricität kennt? Die allgemeine Verbreitung der electrischen Materie, die Schnelligkeit ihrer Wirkung, ihre Entzündbarkeit und ihre Fähigkeit andere Körper zu entzünden, ihr Vermögen Körper im Innern und Aeußern bis in die kleinsten Theile zu erschüttern, das auffallende Beispiel dieser Art in der Leydener Flasche, die Vorstellung, daß wir hier nur eine größere Stärke der Electricität annehmen dürfen u. s. w. Alle diese Analogieen, mit denen ich mich seit einiger Zeit beschäftige, bringen mich zu der Ueberzeugung, daß man bei Anwendung der Gesetze der Electricität Hypothesen über das Gewitter aufstellen könnte, welche weit vernünftiger und wahrscheinlicher als die bisher vorgetragenen wären." Noch mehrere Gründe für die electrische Natur des Gewitters stellte Winkler auf, und nur der Grad der Stärke bildete nach ihnen einen Unterschied [7]).

Nachdem Franklin eine Reihe electrischer Versuche gemacht hatte, stellte er viele Thatsachen zusammen, welche diese Hypothese bestätigten. Er selbst war jedoch lange nicht im Stande, auf directem Wege die electrische Natur des Gewitters zu beweisen, schlug aber vor, man sollte hohe metallene Stangen auf einer isolirenden Basis aufstellen und untersuchen, ob sie electrisch würden, wenn Gewitter darüber fortzögen. Die beiden Franzosen Dalibart zu Marly la Ville und Delor zu Paris fanden im Mai 1752 sehr starke Spuren von Electricität [8]). Noch in demselben Jahre wurden die Versuche von Canton, Wilson

---

7) Winkler Von der Stärke der electr. Kraft des Wassers in gläsernen Gefäßen. 8. Leipzig 1746.

8) Franklin's Werke I, 159.

und Bevis wiederholt, von denen ersterer bald darauf fand, daß einige Wolken positive, andere negative Electricität hätten [9].

Ohne etwas von diesen Arbeiten zu wissen, stellte Franklin einen Versuch an, welcher die Richtigkeit seiner Voraussetzung bewies. Ein papierner Drache, wie ihn die Kinder aufsteigen lassen, mußte bei einem Gewitter im Junius 1752 in die Höhe steigen, während er die hanfene Schnur in der Hand hielt; nachdem diese naß geworden war, erhielt er bestimmte Zeichen von Electricität. Im folgenden Jahre erkannte er den Wechsel von positiver und negativer Electricität bei einem Gewitter.

Das Gewitter, bei welchem Franklin seine Versuche anstellte, war wahrscheinlich nicht stark, widrigenfalls hätte leicht ein Unglück entstehen können. de Romas, welcher die Beobachtung mit dem Drachen wiederholte, war in dieser Hinsicht vorsichtiger. Um die Schnur in einem bessern Leiter zu verwandeln, flocht er in sie einen feinen Eisendraht; um jedoch den Beobachter nicht der Gefahr einer unerwarteten Entladung auszusetzen, ließ er das untere Ende des Fadens in eine Seidenschnur von 3½ Fuß Länge auslaufen, so daß Draht und Drache dadurch isolirt wurden. Anstatt die Funken mit dem Finger auszuziehen, wendete Romas einen mit dem Boden in Verbindung stehenden Leiter an, den er vermittelst einer daran befestigten Glasstange dem Faden beliebig nähern konnte [10]. Nachdem er seinen Apparat mit allen von der Klugheit geforderten Vorsichtsmaaßregeln vorgerichtet hatte, ließ er ihn ohne Bedenken in die Wolken steigen. Bei einem Gewitter, das sich weder durch starke Blitzschläge noch durch reichlichen Regen auszeichnete, lockte er ganze Stunden hindurch Feuerstrahlen von mehr als 10 Fuß Länge heraus. „Stellen Sie sich, schrieb er an Nollet, den Anblick von Feuerstreifen vor, von 9′ bis 10′ Länge und einem Zoll Dicke, die eben so viel und noch mehr Geräusch als Pistolenschüsse machten. In noch weniger als einer Stunde erhielt ich gewiß 30 Streifen von diesen Di-

---

9) Pfaff in Gehler's Wörterb. I, 985. Ein für alle Mal bemerke ich, daß die Bezeichnungen positive und negative Electricität ohne Rücksicht auf die Systeme von Franklin oder Symmer nur einfache Ausdrücke für das sind, was Andere Glas- oder Harzelectricität nennen.

10) Mém. prés. II, 394.

mensionen, ungerechnet tausend andere von 7′ und darunter. Was aber meine Zufriedenheit bei diesem neuen Schauspiele vorzüglich erweckte, war, daß die größten Feuerstreifen von selbst hervorbrachen und ungeachtet der großen Menge Feuers, aus der sie bestanden, stets auf den zunächst befindlichen Leiter fielen. Da ich dies immer ohne Ausnahme so erfolgen sah, ward ich so sicher, daß ich mich nicht scheute, das Feuer bei ziemlich lebhaftem Gewitter mit meinem Auslader hervorzulocken; und wenn die Glasarme meines Instrumentes nur 2′ Länge hatten, so vermochte ich mittelst desselben, ohne die geringste Erschütterung in meiner Hand zu spüren, Feuerstreifen von 6 bis 7 Fuß eben so leicht, wohin ich wollte, zu leiten, als Streifen von 7 bis 8 Zoll." [11]).

Diese Versuche erregten sehr viel Aufsehen und wurden häufig wiederholt. de la Garde in Florenz, Winkler in Leipzig, Bose in Wittenberg, Beccaria in Turin, Mylius und Ludolph in Berlin nnd Andere überzeugten sich von der electrischen Natur des Blitzes. Dabei aber waren die Beobachter zum Theil sehr unvosichtig, indem sie sich der Gefahr einer Explosion aussetzten. Erst nachdem Richmann in Petersburg am 6ten August 1753 ein Opfer dieser Untersuchungen geworden war [12]), wurden die Physiker vorsichtiger, die Apparate wurden nicht nur besser isolirt, sondern auch so eingerichtet, daß die Gefahren unbedeutender wurden. Monnier, de Romas und Beccaria überzeugten sich bald darauf, daß die Luft häufig einen hohen Grad von Electricität hätte, selbst wenn kein Gewitter am Himmel stände. In der Folge hat sich eine große Zahl von Physikern damit beschäftigt, das electrische Verhalten der Luft unter sehr verschiedenen Umständen zu untersuchen; und ist der Gegenstand auch noch nicht vollständig erforscht, so ist doch die Zahl der gewonnenen Resultate sehr groß. Ich nenne unter diesen Beobachtern nur Saussure, Volta, Cavallo, Hemmer, Biot, Gay-Lussac, Humboldt, Schübler, Erman, Read, Crosse.

Um die Electricität der Luft aufzufangen, wendete man früher häufig eiserne oben zugespitzte Stangen an, welche von isoli-

11) Mém. prés. IV, 514. Biot Traité de phys. II, 444. Desselben Experimentalphysik von Fechner II, 284.

12) Novi Comment. Petrop. IV, 335.

renden Glasstäben getragen, entweder im Freien in der Nähe des Bodens standen, oder über die Spitze der Gebäude hervorragten. Zuweilen wurden auch die Blitzableiter so vorgerichtet, daß sich diese Untersuchungen an ihnen vornehmen ließen. Statt nämlich eine stetige Verbindung der Stücke des Leiters von der Spitze des Gebäudes bis in den Boden herzustellen, ließ sich ein Stab aus der Mitte nach Belieben entfernen und dadurch der obere Theil isoliren, so daß man sein electrisches Verhalten prüfen konnte; bei großer Gefahr, wenn ein Gewitter im Zenith stand, wurde dieses entfernte Stück wieder in den Blitzableiter gesetzt. Diese Klasse von Apparaten eignet sich zwar sehr gut zu Untersuchungen von starker Electricität, taugt aber wenig zu feineren Beobachtungen, da Regen und Staub den Glasstäben bald ihre Eigenschaft nehmen, kleine Electricitätsmengen zu isoliren [13]).

Bei weitem zweckmäßiger ist der electrische Drache, wie ihn Franklin zuerst anwandte, aber auch er ist im Ganzen unbequem. Cavallo, welcher mit dieser Vorrichtung eine große Menge von Versuchen anstellte, ist der Meinung, daß die gewöhnlichen kleinen Drachen, wie sie die Kinder verfertigen, am bequemsten hiezu seyen; um indessen das Papier vor dem Regen zu schützen, wird es mit Leinölfirniß getränkt. In das vordere Ende des Holzes steckte er anfänglich einen Draht, glaubt aber, daß hiedurch wenig gewonnen werde. Eben so wenig schien die Belegung des in der Mitte befindlichen Stabes mit Stanniol eine bedeutende Verstärkung hervorzubringen. Um die Schnur in einen bessern Leiter zu verwandeln, flocht er zwei dünne Bindfäden mit einem dritten mit Lahn überzogenen Faden zusammen; weniger zweckmäßig war es, gewöhnliche Bindfäden mit Pulvern von leitenden Körpern, als Lampenruß, Kohlenstaub u. s. w., zu überziehen [14]).

Giebt freilich der electrische Drache in vielen Fällen noch Zeichen von Electricität, wo wir keine Spur derselben an isolirten Stangen wahrnehmen, so ist seine Manipulation doch umständlich, in vielen Fällen steigt er nicht, und bei starker Electricität kann er

13) Saussure Reisen III, 251. §. 799.

14) Cavallo Electricitätslehre I, 320. Pfaff in Gehler's Wörterb. II, 583.

dem Beobachter gefährlich werden. Will man die Electricität sehr hoher Luftschichten bei mäßigem Winde untersuchen, so ist der Drache dazu noch immer das einfachste und wohlfeilste Mittel; dann aber ist es bequemer ein System von Drachen mit einander zu verbinden, wie dieses Wilson noch vor Franklins Versuche that, als er beabsichtigte die Temperatur in den obern Regionen der Atmosphäre zu bestimmen. Mehrere Drachen von verschiedener Größe wurden einzeln zubereitet; man ließ zuerst den kleinsten so hoch steigen, als er wollte; das unterste Ende seiner Schnur wurde an einen zweiten etwas größern gebunden, welcher aufs Neue stieg, und auf diese Art ließ man sich eine Reihe von Drachen erheben. Die Höhe, welche der oberste erreichte, war sehr bedeutend, indem er im Sommer nicht selten zwischen den weißen lichten Wolken verschwand. Diese im Jahre 1749 gemachten Versuche wurden meistens bei heiterm Wetter angestellt, und die Schnüre waren gewöhnlich trocken, so daß Wilson keine Spur von Electricität wahrnahm [15]). — Häufig sind Aerostaten zu dieser Untersuchung empfohlen worden, wie namentlich Lichtenberg [16]) that, aber nur selten sind sie dazu benutzt worden, so wie denn überhaupt die Spielmonate in der Benutzung der Luftbälle, von denen Lichtenberg glaubte, daß sie bald vorüber seyn würden [17]), wirklich noch nicht vorüber sind. Jedoch scheinen die Aerostaten so lange wenig brauchbar zu seyn, als es nicht gelungen ist, Bälle zu verfertigen, welche leicht sind und dabei das Wasserstoffgas fest zurückhalten.

So viele Versuche Cavallo auch mit dem electrischen Drachen anstellte, so hielt er ihn doch für unbequem, und er gab deßhalb eine Vorrichtung, vermittelst deren sich die Electricität aus dem Fenster eines Zimmers beobachten ließ. An dem vordern Ende einer mehrere Fuß langen Stange von Holz wird ein mit Siegellack überzogenes Glasstäbchen befestigt, an dessen Ende sich eine Korkkugel befindet. In letztere ist eine Nadel gesteckt, die an einem Bindfaden befestigt ist, dessen zweites Ende der Beobach-

15) In der Biographie von Alex. Wilson im Edinb. Journ. of Sc. X, 6.

16) Lichtenberg vermischte Schriften IX, 341.

17) Das. S. 329.

ter in der Hand hält. Soll die Electricität der Atmosphäre untersucht werden, so wird der Stab zum Fenster des obern Stockes eines Hauses hinaus und das andere Ende mit der Kugel so hoch gehalten, daß er mit dem Horizonte einen Winkel von etwa 50° bis 60° bildet. Hat das Instrument einige Zeit diese Lage gehabt, so wird die Stecknadel vermittelst des Bindfadens aus der vordern Kugel gezogen und der electrische Zustand der Kugel untersucht. Bei Regenwetter bringt er über dieser Röhre einen kleinen Schirm aus Eisenblech an, welcher dazu dient, jene trocken zu erhalten [18]). Dieser Vorrichtung, deren sich auch Hemmer mit Erfolg bediente [19]), ähnlich, ist das Verfahren von Coulomb. Er befestigte eine kleine Metallkugel an das Ende eines Siegellackstäbchens, welches sie zu isoliren diente, und brachte dasselbe am Ende einer hölzernen Stange von 3 bis 6 Fuß Länge an. Um nun den electrischen Zustand zu prüfen, hielt er die Stange in der Luft in die Höhe und berührte die kleine Kugel auf einen Augenblick mit einem Metallstab oder auch blos mit einem einfachen Metalldraht, den er in der Hand hielt. Nach beendigter Berührung senkte er die kleine Kugel und prüfte ihre Electricität [20]).

Viele Beobachter haben den Leiter, welcher zum Einsammeln der Electricität dient, an dem Electrometer selbst befestigt. So bewaffnete Saussure den obern Punkt seines Electrometers mit einer Spitze; meistens ließ er den etwa 2′ langen Draht aus mehreren Stücken zusammensetzen, so daß er ihn in ein Futteral stecken und bequem in der Tasche tragen konnte. Gegen den Regen wurde dieses Electrometer durch einen am Glase angebrachten Schirm geschützt [21]). Beobachtet man im Freien, so findet man mit dieser Vorrichtung fast stets Spuren von Electricität. Noch vortheilhafter aber ist es, auf der Spitze eine Flamme, etwa eine kleine Weingeistlampe, ein Ende Schwefelfaden oder, was am einfachsten ist, ein Stück brennenden Schwamm zu befestigen. Nach den Erfahrungen von Volta, welcher diese Einrichtung

18) Cavallo Electr. I, 343.
19) Ephem. Soc. Mét. 1783. p. 23.
20) Biot Physik von Fechner II, 290.
21) Saussure IV, 232. §. 791.

)fahl, erhält man damit in vielen Fällen Electricität, wo keine
'ere Vorrichtung solche zu erkennen giebt [22]). Dieser Vorrich-
g hat sich Schübler bei seinen vielen Untersuchungen über
telectricität fast stets bedient, ein 5' langer, unten spiralförmig
)undener, oben mit einer Flamme versehener Draht, wurde
ı Electrometer oder der sogleich zu erwähnenden Flasche ge-
ıert und auf ihren obern Theil gesetzt [23]).

Bei der zuletzt genannten Vorrichtung werden die Angaben
Electrometers deshalb so bedeutend, weil der aufsteigende
'tstrom an der Spitze eine größere Zahl von Lufttheilchen vor-
führt, welche hier ihre Electricität abgeben. Man könnte aller-
gs den Einwurf machen, als ob durch die Flamme selbst Electri-
it entwickelt würde; jedoch haben Volta und Schübler hier-
bereits genügend geantwortet. Ein einfacher Versuch zeigt
Unrichtigkeit der Ansicht, als ob hiedurch die Electricität so
)eutend verstärkt würde. Man erhält nämlich durch das
rohhalm-Electrometer mit einfachem Codensator nie Zeichen
ı Electricität, wenn man auf dieselbe Art in einem geschlosse-
ı Zimmer Zunder oder Schwefel auf der Spitze des Leiters des
:ctrometers abbrennt, während sich diese sogleich zeigen, wenn
n den Versuch in der freien Luft anstellt. Ist nun freilich durch
Versuche von Pouillet erwiesen, daß bei einer jeden Ver-
'nnung Electricität entwickelt würde, so zeigen doch auf der
)ern Seite eben diese Erfahrungen, daß die auf diese Art ent-
ckelte Electricität viel zu klein sey, als daß sie bei vorliegenden
'obachtungen eine große Störung hervorbringen könnten. Da
m Verbrennen von Kohle mancherlei Vorsichtsmaaßregeln nöthig
d, wenn bestimmte Zeichen von Electricität wahrgenommen
rden sollen, so können diese eben so wenig eine bedeutende Ver-
rkung der Electricität bewirken, als eine Flamme von Wasser-
fgas thun würde [24]).

Die unmittelbaren Angaben dieser verschiedenen Leiter in
treff der Art der atmosphärischen Electricität stimmen nicht

2) Volta Opere I, II,87. Meteor. Beob. S. 79.
3) Schübler Meteorologie S. 82.
4) Poggendorff's Ann. XI, 419—430.

ganz überein. Wir werden sogleich nachher sehen, daß die Electricität der Atmosphäre meistens positiv ist und zwar desto mehr, je höher wir steigen. Wird nun ein isolirter Leiter vertical gehalten, so wird er durch Vertheilung electrisirt, sein oberes Ende erhält — E, sein unteres + E. Wird die Electricität des untern Endes geprüft, wie beim Drachen, den aufgerichteten Stangen, den Spitzen von Saussure und Volta, so erhalten wir hier + E, deren Grad desto stärker ist, je leichter — E aus dem obern Ende ausströmen konnte. In diesem Falle müssen wir also die Angaben des Electrometers beibehalten, um den Zustand der Atmosphäre anzugeben. Bei den Vorrichtungen von Cavallo und Coulomb aber wird die positive Electricität des untern Endes in den Boden geleitet, die Kugel behält — E, alle Angaben des Instrumentes müssen also umgekehrt werden.

Um die Stärke der Electricität zu messen, wendet man die gewöhnlichen Electrometer an. Für kleine Grade ist der Condensator und ein Electroscop, wie es Behrends und Bohnenberger mit Zamboni'schen Säulen construirten, vortheilhaft, weil man dadurch zugleich die Art der Electricität kennen lernt. Für höhere Grade der Electricität bedient man sich des Goldblattelectrometers oder einer empfindlichen Coulomb'schen Drehwage, beide jedoch eignen sich nur vorzugsweise zu solchen Beobachtungen, welche der Meteorolog in seiner Wohnung anstellt. Die Drehwage erfordert einen festen Stand, den man auf Reisen nicht immer findet, und bei dem Goldblattelectrometer kleben die Blättchen häufig zusammen. Zum Transporte am bequemsten ist das von Volta zu diesen Untersuchungen empfohlne Strohhalmelectrometer, zu dessen beiden Pendeln sich nach Schübler die getrockneten Halme der kleinen Arten von Poa und Agrostis am besten eignen [25]). Stücke von etwa 2 Zoll Länge und möglichst gleichem Gewichte werden oben mit kleinen Ringen von möglichst feinem Drahte versehen, und diese Ringe hängen in andern, welche von einer Pincette gehalten werden, die aus einem der Länge nach durchschnittenen und unten halbkugelförmig abgerundeten Cylinder besteht, deren Backen durch einen Ring zusammengehalten

25) Schübler Meteor. S. 80.

werden [26]). Dieser Cylinder ist in dem Halse einer viereckigen Glasflasche befestigt; der Boden von dieser wird abgesprengt und dafür eine metallene oder hölzerne mit Stanniol überzogenen Platte angebracht; Blätter Stanniol oder Silberpapier, welche im Innern auf die schmälern Seitenflächen der Flasche geklebt sind und mit der Bodenplatte in Verbindung stehen, dienen dazu, die Electricität abzuleiten, welche den Wänden mitgetheilt seyn könnte. Durch eine auswärts an der Flasche angebrachte Theilung kann man die Divergenz der beiden Pendel und die Stärke der Electricität messen. Volta nahm die Größe eines Grades zu $\frac{1}{2}$ pariser Linie, und hierin ist auch Schübler gefolgt; es hängt aber diese Größe ganz von der Willkür des Beobachters ab, da eine sehr weitläuftige Rechnung erforderlich ist, wenn die Angaben zweier Instrumente dieser Art ohne unmittelbare Vergleichung auf einander reducirt werden sollen. Hat man ein solches Electrometer mit dem Leiter in Verbindung gesetzt und die Stärke der Electricität gemessen, so muß noch ihre Art bestimmt werden, was am leichtesten durch eine mit Wolle oder Tuch geriebene Stange von Siegellack geschieht. Wird die Divergenz der Pendel bei ihrer Annäherung größer, so hat das Electrometer — E, wird sie kleiner, so hat es + E.

Für stärkere Grade von Electricität wird ein empfindliches Electrometer unbrauchbar, die feinen Halme lassen dann viel Electricität ausströmen und ihre Divergenz ändert sich für bedeutende Aenderungen der Stärke nur wenig. Man nimmt dann entweder stärkere Strohhalme oder Pendel von kleinen Holzstäbchen, welche genau auf dieselbe Art aufgehängt werden. Für noch stärkere Grade werden gewöhnliche Quadrantenelectrometer angewendet.

Hat man sich auf diese Art mehrere Electrometer von ungleicher Empfindlichkeit verfertigt, und will man dann eine Reihe von Versuchen über die Stärke der atmosphärischen Electricität anstellen, so müssen die Angaben dieser Instrumente mit einander

---

26) Treffliche Electrometer, welche ich bei dem verstorbenen Geheimrath Sömmering in Frankfurt am Mayn sah, waren auf diese Art eingerichtet. Der Mechanicus Albert daselbst verfertigt sehr gute Apparate dieser Art.

verglichen werden. Das einfachste, bereits von Volta empfohlene Verfahren besteht darin, die Cylinder, an denen die Pendel hängen, von zwei oder mehreren Electrometern durch Drähte zu verbinden, ihnen eine beliebige Menge von Electricität mitzutheilen und die gleichzeitigen Angaben der Instrumente zu vergleichen. Wird diese Arbeit für verschiedene Grade der Electricität wiederholt, so kann man sich darnach eine Tafel entwerfen, welche dazu dient, die Angaben des am wenigsten empfindlichen Electrometers auf die des empfindlichsten zu reduciren. Da jedoch bei dieser ganzen Classe von Instrumenten gleiche Aenderungen der Electricität nicht gleichen Aenderungen in der Divergenz der Pendel entsprechen, so scheint es mir am zweckmäßigsten, als Basis der ganzen Untersuchung eine Drehwage anzunehmen, welche auch mit dem empfindlichsten Electrometer verbunden und mit diesem auf dieselbe Art verglichen wird. Es scheint mir dieses um so mehr zu empfehlen, da die Drehwage nach den Untersuchungen von Coulomb auch entfernte Beobachter in den Stand setzt, die Angaben ihrer Instrumente auf einander zu reduciren [27].

Mit großem Nutzen kann man nach Volta, Cavallo und Schübler bei diesen Untersuchungen ein einfaches kleines electrisches Fläschchen aus dünnem Glase von etwa 10 bis 12 Quadratzoll innerer Belegung anwenden, dessen Leiter aus einem 2 Zoll über dem Fläschchen hervorragenden Metallstift besteht, auf welchem durch eine isolirte Handhabe der oben erwähnte Metalldraht mit der spiralförmigen Windung gesetzt und nach Ladung des Fläschchens wieder weggenommen werden kann. Diese Vorrichtung ist besonders dann zu empfehlen, wenn man nicht das Electrometer an derselben Stelle beobachten kann, wo der Versuch angestellt wird; man läßt etwa 1 bis 1½ Minute die Electricität in das Fläschchen strömen, entfernt den Draht und prüft den Zustand der Flasche im Zimmer [28]. Um die Electricität in einer solchen Flasche längere Zeit zu erhalten, hat Cavallo in den Hals der wie gewöhnlich belegten Flasche eine an beiden Enden offene Glasröhre gekittet, an deren unterm Ende ein kleiner Draht befestigt ist, die mit der untern Belegung in Ver-

27) Biot Traité II, 344 fg.

28) Schübler Meteorol. S. 82.

Verbindung steht. Der Draht mit dem gewöhnlichen Knopfe der Flasche ist in eine andere Glasröhre gekittet, die so dünn ist, daß sie sich in die erste stecken läßt, aber die doppelte Länge von jener ersten hat. Der mit dem Knopfe in Verbindung stehende Draht ragt aus dieser Röhre hervor und kann leicht mit dem ersten die innere Belegung berührenden in Verbindung gesetzt werden. Hat man die Flasche geladen, so wird der Knopf vermittelst der Glasröhre herausgezogen und die Flasche behält nun ihre Electricität sehr lange. Soll ihr electrischer Zustand geprüft werden, so wird der Knopf hineingesteckt und wie gewöhnlich verfahren [29].

Stellt man mit irgend einer empfindlichen Vorrichtung Versuche an, so findet man in der Atmosphäre fast stets Spuren von Electricität. Besonders ist dieses bei heiterm Wetter der Fall, wie dieses zuerst le Monnier [30] und kurz darauf de Romas [31]) beobachteten. Einige Zeit darauf wurde die Thatsache auch von Andern wahrgenommen und durch viele Physiker bestätigt. Diese Electricität ist unwandelbar positiv, sowohl im Sommer als im Winter, Tag und Nacht, in der Sonne und im Thau, allemal wenn keine Wolken am Himmel sind [32]. Selbst wenn das Wetter trübe war und dabei öfter negative Electricität auftrat, so giebt sie stets + E zu erkennen, wenn das Wetter sich aufheitert [33].

Die Stärke der Electricität ist an demselben Orte sehr veränderlich und selbst bei heiterm Himmel manchen Schwankungen unterworfen. Cavallo glaubte, daß sie am Tage eben so stark sey, als in der Nacht [34], aber schon im Jahre 1753 hatte Mazeas einige Beobachtungen gemacht, welche eine ungleiche Stärke zu verschiedenen Tageszeiten zu beweisen schienen [35]. Sauss-

29) Cavallo Electricitätslehre I, 324.

30) Mém. de l'Acad. des Scienc. 1752. p. 240.

31) Mém. prés. II, 406.

32) Saussure Reisen III, 262. §. 804. Beccaria Elettricismo artificiale §. 1006. Cavallo Electr. I, 340. Schübler Meteor. S. 83 u. andere.

33) Beccaria Elettricismo §. 1049.

34) Cavallo Electricitätslehre I, 341 u. 345.

35) Phil. Trans. 1753.

-sure [36]) und Beccaria [37]) zeigten indessen später, daß die
der Electricität einer regelmäßigen täglichen Oscillation un
fen sey. Ersterer glaubte, daß im Winter bei heiterm
wo er das Phänomen am besten bemerken konnte, die Ele
von der Zeit an, wo der Thau zu fallen aufgehört ha
zum Aufgange der Sonne am schwächsten sey, hierauf a
wieder zunehme und früher oder spätere, fast immer aber v
tag, ein Maximum erlange, nachher aber wieder schwäche
Erst dann, wenn der Thau zu fallen beginnt, erhebt sie
der, erreicht hier oft eine Stärke, welche weit größer ist,
welche sie am Tage gehabt hatte, und nimmt nun bis ti
Nacht hinein wieder ab. Im Sommer sind diese Periode
ger deutlich zu erkennen; nur dann, wenn auf regnerisc
einige heitere folgen, sind die Perioden im Sommer ebe
im Winter. Diese starke Zunahme der Electricität zur
Sonnenunterganges bemerkte auch Humboldt in Süd-
beim Beginn der nassen Jahreszeit [38]).

Schübler ist bis jetzt der einzige Beobachter, welc
Untersuchungen von Saussure mit hinreichender Umsi
Ausdauer wiederholt hat. Aus den Erfahrungen, welch
heiterm ruhigen Wetter in den Thälern des südlichen De
sammelte, ergaben sich folgende Resultate: Bei Sonnen
ist die atmosphärische Electricität schwach; sie fängt lan
steigen an, wenn sich die Sonne mehr über dem Horizonte
während sich gewöhnlich gleichzeitig die in den tiefern Luft
schwebenden Dünste vermehren. Gewöhnlich steigt die Ele
unter diesen Umständen einige Stunden, an den längern
mertagen bis gegen 6 oder 7 Uhr, im Frühling und He
bis gegen 8 und 9 Uhr, im Winter bis gegen 10 und 1
Nach und nach erreicht sie ihr Maximum; gleichzeitig sind
tern Luftschichten oft sehr dunstig, die Luft nimmt an Feu
zu und die Temperatur des Thaupunktes liegt höher al
Sonnenaufgang, in der kältern Jahreszeit tritt oft w

36) Saussure Reisen III, 255. §. 802 fg.

37) Beccaria del periodo giornaliero dell' elettricità c
sereno im Elettricismo §. 1078 fg.

38) Humboldt Voyage V, 108. VI, 179.

Nebel ein. Gewöhnlich bleibt die Electricität nur kurze Zeit auf diesem Maximùm stehen, sie vermindert sich wieder, anfangs schneller, dann aber langsam, gewöhnlich schneller als sie zuvor stieg; gleichzeitig vermindern sich die dem Auge sichtbaren Dünste in den untern Luftschichten; hatten sich Nebel gebildet, so verziehen sich diese; die Atmosphäre wird heiterer; auch entfernte Gegenstände werden dem Auge sichtbar. Gegen 2 Uhr Nachmittags ist die atmosphärische Electricität gewöhnlich schon sehr schwach, oft nur wenig stärker, als in der Frühe kurz nach Sonnenaufgang; sie vermindert sich nun noch langsamer bis einige Stunden vor Sonnenuntergang, im Sommer bis gegen 4—5 und 6 Uhr, im Winter bis gegen 3 Uhr; sie bleibt verhältnißmäßig länger auf ihrem Minimum als Maximum. Sobald sich die Sonne dem Horizonte nähert, fängt sie wieder zu steigen an, mit Untergang der Sonne nimmt sie gewöhnlich sehr merklich zu, steigt nun mit Eintritt der Abenddämmerung immer mehr, und steht nun gewöhnlich $1\frac{1}{2}$ bis 2 Stunden nach Sonnenuntergang auf ihrem zweiten Maximum; gleichzeitig bilden sich aufs Neue Dünste in den untern Schichten der Atmosphäre, über Thälern; vorzüglich über Städten bilden sich oft große Dunstwolken; die Feuchtigkeit der Luft nimmt schnell zu; es fällt der Abendthau, wobei in Thälern oft eine sehr bemerkbare Abkühlung eintritt. Gewöhnlich ist die Electricität während ihres zweiten Maximums wieder nahe hin so stark, wie einige Stunden nach Sonnenaufgang; auch auf diesem zweiten Maximum bleibt sie nur kurze Zeit stehen, sie wird bald wiederum schwächer, und vermindert sich die Nacht hindurch langsam bis gegen Sonnenaufgang, wo sie mit Tagesanbruch dieselbe oben erwähnte Periode beginnt [39]).

---

39) Schübler Meteorologie S. 84. Die ausführlichen Untersuchungen in Schweigger's Jahrb. III, 123. VIII, 21. XI, 337. XIX, 1. Es würde interessant seyn, auszumitteln, ob die Zeit dieser Maxima und Minima genau mit den Phasen des Barometerstandes und der Declination der Magnetnadel übereinkäme, wie sie mit denen des Feuchtigkeitszustandes übereinzukommen scheint. Fechner zu Biot's Experimentalphysik II, 295. Um diesen Punkt auszumitteln, müssen nach meiner Ansicht die Beobachtungen mehrerer Jahre hindurch stündlich und bei jedem Zustande der Witterung angestellt werden. Das Mittel aller Messungen zu den einzelnen Stunden muß dann auf eine

Schon Schübler hat auf die Feuchtigkeitsverhältnisse und ihren Zusammenhang mit der obigen Periode aufmerksam gemacht, es scheint mir außerdem Beachtung zu verdienen, daß jene Periode mit dem Gange der Cumuli an heitern Tagen in einiger Beziehung steht. Um die Zeit, wo diese am Morgen gebildet werden, hat die Electricität ihr Maximum erreicht, wird am schwächsten, wenn diese in größter Menge vorhanden sind, und steigt aufs Neue, wenn die Cumuli am Abend sich auflösen. Daß die Dämpfe hiebei eine bedeutende Rolle spielen, geht noch aus einer andern Erfahrung Schübler's hervor: bei trocknen lebhaft wehenden Ostwinden sind nämlich die täglichen Perioden der atmosphärischen Electricität weit schwächer und Abends oft kaum zu bemerken, wenn auch die Witterung völlig heiter ist. — Es verdienen jedoch diese Umstände in verschiedener Höhe über der Oberfläche des Meeres eine nähere Untersuchung, da hier noch mancherlei Modificationen der allgemeinen Gesetze Statt zu finden scheinen. Wenigstens bemerkt Lambert, auf den Cordilleren von Chili sey die Electricität bei den trocknen Ostwinden weit stärker als bei den feuchten Westwinden [40]), vielleicht daß bei trocknem Wetter eine größere Menge von Electricität in der Höhe angehäuft ist.

Diese Electricität bei heiterm Wetter zeigt eine eben solche Abhängigkeit von den Jahreszeiten. Schon Cavallo, Saussure, Volta und andere Beobachter [40a]) machten darauf aufmerksam, und diese Thatsache ist in der Folge von Schübler bestätigt worden. Durch zweijährige Beobachtungen fand er folgende mittlere Stärke der positiven Electricität in Graden seines Electrometers [41]).

ähnliche Art bearbeitet werden, als dieses oben bei Bestimmung der Barometerveränderungen geschah. Bei Aufsuchung der mittlern Stärke der Electricität zu einzelnen Tagesstunden müßte die algebraische Summe der Messungen genommen werden. Gewitter, bei denen die Electricität sehr stark und in Beziehung auf Art und Intensität vielen Schwankungen unterworfen ist, könnten ganz ausgeschlossen werden.

40) Ann. de Chimie XLII, 404.

40a) Cavllo Electr. I, 340. Saussure Reisen III, 261. §. 803. Volta Opere I, II, 140. Meteor, Briefe S. 132.

41) Schübler Meteorol. S. 85.

Monat	Minim. am Morgen	Maxim. am Morgen	Minim. am Abend	Maxim. am Abend	Mittlere Stärke in diesen Monaten		Unterschied
					Beob.	Berechn.	
Jan.	14°,7	33°,0	19°,1	51°,8	24°,4	20°,8	—3°,6
Febr.	7,5	25,5	16,3	24,5	18,5	18,3	—0,2
März	5,3	13,0	6,4	14,0	9,7	12,5	+2,8
April	4,0	14,7	4,7	7,6	7,8	7,4	—0,4
Mai	4,1	13,0	4,3	10,3	7,9	6,3	—1,6
Jun.	4,6	12,8	3,9	12,0	8,3	8,3	0
Julius	4,8	13,5	4,5	14,4	9,5	10,8	+1,3
August	5,8	15,9	5,4	16,1	10,8	11,1	+0,3
Sept.	5,5	15,4	5,0	15,6	10,4	10,0	—0,4
Octbr.	7,2	15,3	6,3	19,7	12,3	10,3	—2,0
Novbr.	6,5	14,4	8,2	17,4	11,8	13,6	+1,8
Decbr.	12,4	18,8	12,8	20,7	16,3	18,5	+2,2
Jahr	6,9	16,9	8,1	17,0	12,3		

Lassen gleich diese Größen noch Manches zu wünschen übrig, so setzen sie uns doch in den Stand das Gesetz zu erkennen, welchem dieses Phänomen folgt. Die mittlern Grade der Electricität lassen sich annähernd durch die Gleichung

$$(+E)_n = 12^\circ,31 + 5^\circ,22 \sin\left\{(n+\tfrac{1}{2})\,30^\circ + 106^\circ\,0'\right\} + 3^\circ,55 \sin\left\{(n+\tfrac{1}{2})\,60^\circ + 78^\circ\,2'\right\}$$

ausdrücken, und dadurch erhalten wir die berechneten in obiger Tafel mitgetheilten Größen. Darnach ist die positive Electricität der untern Schichten am schwächsten in der ersten Hälfte des Mai, und am stärksten gegen die Mitte des Januar. Diese Zeitpunkte stimmen sehr nahe mit denen überein, welche wir früher für die Extreme im Gange der relativen Feuchtigkeit im Laufe des Jahres gefunden haben [42]. Zur Zeit nämlich wo die Luft am trockensten ist, erreicht die positive Electricität der untern Schichten ihr Minimum und umgekehrt. Schon Schübler machte auf diese Relation aufmerksam.

Die Stärke dieser +E wird desto größer, je weiter wir uns von der Oberfläche des Bodens entfernen. Schon Romas erwähnt dieses Gesetz, indem die Spannung des Electrometers desto bedeutender wurde, je höher sein Drache stieg [43]. Schon

---

42) Bd. I. S. 337. Damit stimmen auch die Größen für die mittlere Stärke der Electricität überhaupt überein. Schweigger's Jahrb. VIII, 22.

43) Mém. prés. II, 406.

kleine Höhen sind hinreichend, um die Richtigkeit des Gesagten wahrzunehmen, wie Cavallo [44]), Saussure [45]), Schübler [46]) und Andere nachgewiesen haben. Bei einem freistehenden Thurme zeigte das Electrometer in einer Höhe von 30′ eine Divergenz von 15°, diese stieg auf der höchsten Spitze des Thurmes, 180′ über dem Boden, bis zu 64°. Dasselbe fand er auf einer Reise durch die Alpen bestätigt. Die Zunahme der Electricität mit der Höhe war hier um so bedeutender, je weiter er sich von ableitenden Umgebungen, Wäldern, Wohnungen u. s. w. befand; am stärksten fand er sie auf einzelnen isolirten, schroffen Felsenspitzen. Und genau dieselbe Erfahrung machte Lambert auf den Cordilleren von Chili [47]).

Völlig ähnliche Resultate erhielten auch Biot und Gay-Lussac auf ihrer aerostatischen Reise [48]). Je höher sie stiegen, desto mehr nahm die Divergenz des Electrometers zu; dabei aber bemerkten sie ein Phänomen, welches auf den ersten Anblick dem bisher über die Art der Electricität Gesagten zu widersprechen scheint. Als Leiter befestigten sie an ihrer Gondel einen Draht von etwa 150 Fuß Länge, welcher durch das Gewicht einer daran hängenden Metallkugel gespannt wurde. An dem obern Ende geprüft, zeigte dieser Draht stets — E, während andere Beobachter bei einem ähnlichen Zustande der Witterung stets + E gefunden haben. Nehmen wir jedoch an, daß die + E desto stärker wird, je weiter wir uns von dem Boden entfernen, so wirken auf den Draht, der schon in einiger Entfernung von der Erde schwebt, die — E der untern Regionen, welche am obern Ende + E hervorruft, und die + E der noch höhern Schichten, welche an eben diesem Ende — E hervorruft; aber die stärkere Electricität der obern Regionen hat bei dieser Vertheilung das Uebergewicht, und so tritt am obern Ende um so leichter — E frei auf, da wahrscheinlich durch das untere Ende des Drahtes ein Theil der Electricität ausströmt.

---

44) Cavallo Electricitätslehre I, 345.
45) Saussure Reisen IV, 367. §. 1127. vergl. §. 800.
46) Schweigger's Jahrb. IX, 348.
47) Ann. de Chimie XLII, 404.
48) Gilbert's Ann. XX, 1. Biot Traité de phys. II, 455. Biot Experimentalphysik von Fechner II, 290.

Aus dieser Zunahme der Electricität mit der Entfernung vom Boden leitet Biot [49]) ein Phänomen her, welches von Erman beobachtet wurde [50]). Ein sehr empfindliches Goldblattelectrometer wird bei heiterm Wetter in einer gewissen Höhe der Atmosphäre aufgestellt. Es giebt hier kein merkbares Zeichen von Electricität. Man bringt nun in eine höhere Luftschicht, die blos einige Fuß über dem Electroscop liegen kann, einen Metalldraht, der an einem Isolator befestigt, einige Zeit horizontal gehalten wird, und senkt ihn rasch auf das Electrometer, bis zur Berührung herab. Sogleich divergiren die Blättchen mit + E. Hält man dagegen den Stab horizontal in eine Luftschicht, welche einige Fuß unter dem Electrometer liegt, und führt ihn nach einiger Zeit schnell gegen das Electrometer, so divergiren die Blättchen mit — E.

Der Leiter nimmt hier stets die Electricität derjenigen Schicht an, in welcher er sich befindet; wird er aus dieser so schnell entfernt, daß seine Electricität sich nicht zerstreuen kann, so muß er dem Electroscop denjenigen Zustand mittheilen, in welchem er sich befindet. Es bezeichne allgemein + E die Menge freier positiver Electricität, die der Schicht eigenthümlich ist, in welcher sich das Electrometer befindet, so bleiben nach Herstellung des Gleichgewichtes die Blättchen indifferent hängen, wenn ihnen ein Körper genähert wird, der nur + E hat. In einer etwas höhern Schicht ist die Electricität stärker; es sey δE der Zuwachs, so erhält der Stab hier $+ E + \delta E$; wird er dann dem Electroscop genähert, so divergirt dieses mit $+ \delta E$. In der untern Schicht befindet sich nur $+ E - \delta E$; wird der Stab schnell zum Electrometer geführt, so giebt jener an dieses so viel Electricität, bis das Gleichgewicht zwischen beiden hergestellt ist, und die Blättchen divergiren mit $- \delta E$, zeigen also negative Electricität.

Die Quelle dieser atmosphärischen Electricität suchten ältere Physiker in der Reibung der Lufttheilchen an einander, da Reibung das einzige ihnen bekannte Mittel war, Electricität zu entwickeln. In neuern Zeiten hat man dieses Mittel für ganz unwirksam gehalten, indem man als Grund anführt, daß windiges

49) Biot Traité II, 456.

50) Gilbert's Annalen XV, 385.

Wetter nicht immer mit starker Electricität verbunden sey. Wenn es gleich weit mächtigere Quellen von Electricität giebt, so glaube ich doch, daß wir jenes Mittel nicht als ganz unwirksam ansehen dürfen. Es ist eine bekannte Thatsache, daß ein Luftstrom gegen eine Glasscheibe geblasen, eine mehr oder weniger lebhafte Spannung erzeugt, wie dieses durch die Versuche von Wilson bewiesen ist. Diese durch Reibung entwickelte Electricität wird aller Analogie nach dann bedeutender, wenn Luftschichten von ungleicher Temperatur mit einander gemengt werden. Schon alle bisher bekannten Versuche über Contactelectricität machen es wahrscheinlich, daß ruhige Schichten von ungleicher Temperatur in einen solchen Gegensatz treten, daß die wärmere Schicht — E, die kältere + E erhält. Die neuern Versuche über die Berührung der Metalle, die von Bergmann, Coulomb, Herbert, Becquerel und Andern über Reibung und Druck homogener Körper von ungleicher Temperatur, haben dieses Gesetz in Betreff der Art der entwickelten Electricität bewiesen. Sehen wir nun das Gesetz bei allen übrigen Naturkörpern, warum wollen wir es denn nicht auf Gase anwenden? Thun wir dieses, so werden hiernach die obern und kältern Schichten der Atmosphäre + E, die untere — E erhalten.

Weit wirksamer aber sind die chemischen Prozesse, welche beständig auf der Erde vor sich gehen, und unter diesen spielt zunächst die Verdampfung eine bedeutende Rolle. Schon vor seinem Versuche mit dem electrischen Drachen vermuthete Franklin, die Luftelectricität möge vorzüglich hiedurch entwickelt werden [52]). Späterhin stellten Saussure [53]) und Volta [54]) hierüber eigene Versuche an. Wurde ein isolirtes und mit dem Electrometer verbundenes Gefäß stark erhitzt, so zeigten sich sogleich Spuren von Electricität, wenn in selbiges einige Tropfen Wasser geschüttet wurden. Dabei hatte das Gefäß stets — E, die in die Höhe gestiegenen Dämpfe mußten also + E mit sich in die Höhe nehmen. Diese Untersuchungen, aus denen man folgerte, daß bei einer jeden Aenderung des Aggregatzustandes,

52) Franklin's Werke I, 67.
53) Saussure Reisen III, 263. §. 805.
54) Volta Opere I, I, 270.

mochte diese nun mit einer chemischen Aenderung der Bestandtheile verbunden seyn oder nicht, auch Electricität gebunden oder entbunden würde, sind in neuern Zeiten von Pouillet wiederholt worden [55]). Aus diesen Versuchen geht hervor, daß die Verdampfung an sich nicht im Stande ist, Electricität zu entwickeln, sondern daß dieses nur dann geschieht, wenn die Dämpfe sich aus Auflösungen von Substanzen, zu denen sie chemische Verwandtschaft haben, oder aus Gefäßen entwickeln, auf welche sie chemisch einzuwirken vermögen. Nach ihm verdunsteten destillirtes Wasser, reine krystallisirte Essigsäure, sehr reine und höchst concentrirte Schwefel- und Salpetersäure aus einem rothglühenden reinen Platinatiegel ohne alle Spur von Electricität, diese zeigte sich aber sogleich, wenn eine geringe Menge einer Säure, einer Basis oder eines Salzes zum Wasser hinzugefügt wurde. Schwache oder concentrirte Lösungen von fixen Alkalien, z. B. Strontian, Baryt, Kalk u. s. w., behielten dabei + E, während der Wasserdampf — E hatte. Wurden aber schwache oder concentrirte Lösungen von Gasen, Säuren und Salzen angewendet, so erhielt der Wasserdampf + E, die Lösung — E. Wurde in einen eisernen Tiegel reines Wasser gegossen, so oxydirte sich das Metall und behielt — E, während der Dampf + E hatte.

Da alles Wasser, welches sich auf der Oberfläche der Erde befindet, eine größere oder geringere Menge von Salz enthält, so muß durch seine Verdunstung sehr viel Electricität entwickelt werden [56]). Indem nun die Dämpfe in die Höhe steigen, führen sie + E nach den obern Schichten und der Boden befindet sich im negativen Zustande. Diese positive Electricität wird desto bedeutender, je höher wir in die Atmosphäre steigen, da in den untern Schichten ein Theil der positiven Luftelectricität von der negativen Bodenelectricität gebunden wird, was desto weniger der Fall ist, je höher die Punkte liegen, deren Electricität wir untersuchen.

Eine nicht minder einflußreiche Quelle der Electricität liegt in der Vegetation, wie dieses ebenfalls durch die Arbeiten von Pouillet erwiesen ist [57]). Durch directe Versuche über die Verbren-

---

55) Poggendorff's Ann. XI, 418 u. 442.

56) l. l. S. 456.

57) l. l. 420 fg.

nung hatte er sich überzeugt, daß die Kohlensäure im Momente ihrer Entstehung + E habe, und er vermuthete daher, daß diese auch bei der Vegetation entwickelt werde. Zwölf gläserne, mit Erde gefüllte und durch Drähte verbundene Schaalen, deren äußere Ränder 1 bis 2 Zoll breit mit Lackfirniß überzogen waren und in denen Pflanzen wuchsen, gaben dem damit verbundenen Condensator stets — E, ein Beweis, daß die entwickelten Gase + E hatten.

Aus den erwähnten Thatsachen folgt, daß alle Umstände dahin wirken, den Boden in einen negativ electrischen Zustand zu setzen, während die Atmosphäre + E hat. Da nun die Luft ein schlechter Leiter der Electricität ist, so können wir die ganze Atmosphäre als eine Leydener Flasche ansehen, von welcher der Boden die negative, der obere Theil der Atmosphäre die positive Belegung bildet. Wir selbst befinden uns mit dem Electrometer in dem Isolator der Flasche: je nachdem dieses der einen oder der andern Belegung näher ist, werden seine Angaben verschieden seyn; auch an demselben Orte hängt die Größe der Electricität, welche wir messen können, von dem hygrometrischen Zustande der Atmosphäre ab, je trockner die Luft ist, desto schwerer kann das Electrometer durch Einwirkung der obern Regionen zur Divergenz gebracht werden, da es eine bekannte Thatsache ist, daß durch eine Glastafel die durch Vertheilung hervorgerufene Electricität weit schwächer ist, als bei Anwendung einer eben so dicken Luftschicht der Fall ist. Jedoch giebt es auch hier wieder eine gewisse Gränze, da sehr feuchte Luft ihre isolirenden Eigenschaften verliert.

Wir wollen es nun versuchen, aus dem Gesagten die wichtigsten electrischen Erscheinungen abzuleiten. Aber bei Behandlung dieses Gegenstandes wird noch stets eine große Zahl Dunkelheiten übrig bleiben, die erst dann gehoben seyn werden, wenn unsere Kenntnisse der theoretischen Electricitätslehre vollkommener seyn werden. Es ist uns selbst die Art unbekannt, wie die positive Electricität der Dämpfe verbunden ist. Befindet sie sich in einem ganz freien Zustande, so daß sie auf der Oberfläche des Atomes befindlich mit ihrer ganzen Intensität frei nach außen wirken kann, oder ist sie zum Theil gebunden, eben so wie die Dämpfe außer der freien Wärme einen Theil latenter besitzen? Wird also

dem Niederschlage der Dämpfe die gebundene Electricität eben so frei, als die gebundene Wärme?

Wenden wir uns zu den täglichen und jährlichen Perioden der Electricität, so hängen diese, wie bereits Schübler bemerkt hat, aufs innigste mit dem Gange der relativen Feuchtigkeit zusammen. Wenn am Morgen die Verdunstung schnell erfolgt, so steigen Dämpfe in die Höhe, welche das Electrometer zur Divergenz bringen, bis endlich der Verdunstungsprozeß aufhört, die Luft relativ trockner wird. Die Electrisirung durch Vertheilung wird immer schwieriger, und daher ist zur Zeit der größten Tageswärme und Trockenheit, wo die Dämpfe am höchsten stehen, die Electricität auf ihrem Minimum. Es kehrt die Atmosphäre zur Sättigung zurück, die Dämpfe sinken tiefer herab, die Luft isolirt weniger gut, Vertheilung ist leichter möglich, und die Electricität erreicht ihr zweites Maximum, zerstreut sich aber während der Nacht, wo die Verdunstung aufhört, nach und nach. — Dieser Gang hängt vielleicht noch mit dem Gange der Vegetation zusammen. Durch eine große Zahl von Versuchen ist es erwiesen, daß die Pflanzen bei starkem Sonnenlichte Oxygen, während der Nacht Kohlensäure aushauchen. Zur Zeit der größten Tageshelle wird jener Prozeß am lebhaftesten seyn; denn wenn die Sonne in der Nähe des Horizontes steht, wird ein Wechsel beider Statt finden. Sollten nun diese verschiedenen Vorgänge so ganz ohne Einfluß seyn? Mir scheint dieses nicht wahrscheinlich. Zwar konnte Pouillet bei seinen Versuchen keinen Einfluß der Tageszeiten auf die durch Wachsen von Pflanzen erzeugte Electricität wahrnehmen [58]), aber vergessen wir nicht, daß die hiebei entwickelte Menge von Electricität so klein war, daß sie sich nur mit Mühe wahrnehmen und noch weit weniger messen ließ.

Auffallend scheint es auf den ersten Anblick, daß die positive Electricität des heitern Himmels im Sommer schwächer ist, als im Winter, obgleich der Verdunstungsprozeß lebhafter erfolgt. Aber dann befindet sich die Luft in einem trockneren Zustande, Wolken und Dünste, die eigentlichen Magazine der Electricität, schweben dann höher und vermögen es nicht, in dem Electrometer eine so starke Divergenz durch Vertheilung hervorzurufen. Indem

58) Poggendorff's Annalen XI, 433.

aber in eben dieser Jahreszeit Verdunstung und Vegetation kräftiger wirken, muß der Boden mehr — E erhalten und diese mit größerer Stärke auf das Electrometer in der Tiefe wirken, so daß letzteres schwächer mit + E divergirt.

Zeigt sich diese tägliche Periodicität auch in größern Höhen? Wird hier der Unterschied zwischen Maximum und Minimum kleiner und verschwindet sie endlich eben so als die täglichen Oscillationen des Barometers? Beweisen die in der Folge mitzutheilenden Gesetze über die größere Stärke der Electricität beim Regen im Sommer, daß die Electricität der obern Regionen im Sommer größer sey, als im Winter? Diese und ähnliche Fragen lassen sich nur durch anhaltende Beobachtungen auf Gebirgen beantworten.

Es ist bereits nach den Erfahrungen von Saussure und Schübler auf die Stärke der Electricität beim Niederschlage des Thaues aufmerksam gemacht. Dieses beobachtete schon früher Beccaria im Jahre 1756 [59]), und in der Folge ist die Thatsache häufig bestätigt worden. Achard folgerte aus seinen Erfahrungen, daß, wenn er am Tage keine atmosphärische Electricität beobachtete, auch Nachts darauf kein Thau fiel [60]), ja Hube suchte die ganze Bildung des Thaues aus der Electricität abzuleiten [61]). Wenn indessen der Thau vorzugsweise als Folge der Wärmestrahlung angesehen werden muß, so müssen wir die hiebei zugleich beobachtete Electricität als Wirkung des Niederschlages ansehen. Theils wird bei dem Niederschlage selbst eine Menge Electricität frei, theils isolirt die ganze Atmosphäre, die sich dem Punkte der Sättigung nähert, weniger gut, und das Electrometer divergirt also mehr [62]).

Nicht minder stark ist die Electricität bei Nebeln. Fast alle Beobachter haben hierauf aufmerksam gemacht, und Saussure sagt, er habe niemals Nebel gesehen, welche nicht von einer sehr merkbaren Electricität begleitet gewesen wären [63]). Diese Electri-

59) Della ellettricità di guazza in seinem Elettricismo §. 1136 fg.

60) Voigt Magazin VII, 55.

61) Hube über Ausdünstung, Cap. 35, 36.

62) Saussure Reisen III, 299. §. 831. de Luc Idées II, 419. §. 831.

63) Ebend. S. 254. §. 801. Vgl. Cavallo Electricitätslehre I, 345. Volta Meteor. Briefe. S. 138.

ist fast stets positiv und hat in den einzelnen Monaten eine
che Stärke. Die Beobachtungen von Schübler geben
e Stärke der positiven Electricität bei Nebeln in den einzel-
Monaten folgende Größen [64]):

Januar	34°,1
Februar	52,2
März	21,0
April	15,5
Mai	14,0
Junius	16,0
Julius	14,0
August	25,0
September	20,5
October	18,0
November	18,1
December	32,7
Jahr	22,7

ach ist also die Stärke der Electricität in der kalten Jahres-
wo die Nebel weit niedriger schweben und dichter sind, als im
ner, am größten.

So lange der Nebel dauert, zeigt sich die Gegenwart dieser
icität und man bemerkt nur Oscillationen in ihrer Stärke.
nämlich die Electricität desto stärker, je dichter der Nebel
[64a]). Da nun diese Nebel stets den Boden berühren, da
en den Dampfbläschen mit Dämpfen gesättigte Luft vorhan-
t, so bleibt die Frage, weshalb diese Electricität sich dem
n nicht mittheile und in kurzer Zeit verschwinde. Aber zu-
ist so viel gewiß, da bei der stets fortdauernden Verdunstung
em warmen Boden [65]) auch in jedem Monate neue + E in
öhe steigt, daß also in der Existenz des Nebels selbst die
e zur Fortdauer der Electricität liegt. Aber wo befindet sich
Electricität? Die Untersuchungen, welche bisher über Ver-
ng der Electricität angestellt sind, haben bewiesen, daß das

Schübler Meteorol. S. 87.
Volta l. l. Read in phil. Trans. LXXXI.
S. Bd. I. S. 367.

electrische Fluidum auf der Oberfläche der Körper angehäuft sey, daß im Innern sehr stark electrisirter Leiter keine Spur davon angetroffen wird. Müssen wir dasselbe auch bei Nebeln und Wolken annehmen? Müssen wir diese Massen von Dampfbläschen als einen einzigen Körper ansehen, auf dessen Oberfläche jede neue entwickelte Menge von Electricität sogleich angehäuft wird, nachdem sie sich gebildet hatte? oder müssen wir den einzelnen Bläschen selbst eigene Mengen von Electricität zuschreiben? So wichtig diese Fragen auch zur Erklärung einer großen Menge electrischer Erscheinungen in der Atmosphäre sind, so haben sich doch wenig Physiker mit ihrer Beantwortung beschäftigt. Die einzige ausführliche Untersuchung, welche ich kenne, ist die von Gay-Lussac, welcher annimmt, die Gewitterwolke sey unsern gewöhnlichen Leitern ähnlich, und das electrische Fluidum nur auf ihrer Oberfläche angehäuft [66]). Wäre dieses indessen der Fall, so müßten bei den Gewittern die Explosionen sogleich aufhören, wenn der erste Regen herabfiel, da hiedurch eine Verbindung zwischen Wolke und Boden hergestellt wird; es müßte bei tief schwebenden Nebeln die Electricität weit geringer seyn, als wir sie beobachten.

Mir scheint es viel wahrscheinlicher, daß jedes Dampfbläschen seine eigene electrische Atmosphäre habe, daß aber die jedem Bläschen eigenthümliche Menge von Electricität desto bedeutender werde, je weiter wir uns von der Mitte der Wolke oder des Nebels gegen seine Oberfläche bewegen. Nehmen wir an, im Momente der Entstehung hätte jedes Bläschen seine eigenthümliche Electricität, so würde sich diese ganz den Gesetzen der Abstoßung zufolge nach der Oberfläche bewegen, wofern die ganze Wolke aus einem einzigen gut leitenden Körper bestände. Aber wir haben es hier mit wenigstens drei Körpern zu thun, welche nach einer gewissen Ordnung wechseln und durch welche sich die Electricität bewegen muß. Von diesen gehört die trockne Luft zu den Isolatoren, der elastische und der niedergeschlagene Dampf in den Poren der Luft gehören wenigstens nicht zu den besten Leitern. Nun deuten alle Versuche, welche bisher über die Verbreitung der Imponderabilien angestellt sind, daß diese einen desto größeren Widerstand bei ihrer Bewegung erleiden, je größer der Wech-

66) Ann. de chimie VIII, 156.

sel der Körper ist, durch welche sie sich bewegen müssen. Das Licht, welches durch eine Reihe von einzelnen Glasplatten geht, wird weit stärker geschwächt, als wenn wir eine einzige Platte nehmen, welche so dick ist, als alle obigen Platten zusammengenommen. Selbst bei guten Leitern zeigt uns die Electricität etwas Aehnliches. Stellt man bei einer Leydener Flasche die mit der innern und äußern Belegung in Verbindung stehenden Knöpfe stets in denselben Abstand und ladet sie dann so lange, bis die Explosion Statt findet, so muß man nach den Versuchen von Parrot die Electrisirmaschine weit häufiger drehen, wenn beide Belege durch eine Reihe abwechselnder Zink- und Kupferplatten verbunden werden, als wenn man eine gleiche Zahl Kupfer- und Zinkplatten nimmt [67]). Diese Verschlechterung der Leitung durch einen Wechsel von Körpern wird eben so bestimmt durch die Arbeiten Marianini's bewiesen. Wenn er den beiden Platten eines einfachen Electrometers in der Flüssigkeit einen gewissen Abstand gab, so war die von ihnen hervorgebrachte Ablenkung der Magnetnadel weit größer, als wenn er in den flüssigen Leiter Metallscheiben hielt, und zwar nahm die Stärke des electrischen Stromes desto mehr ab, je größer die Zahl der zwischengelegten Platten war [68]). Auch beweisen alle Untersuchungen, welche man über die Stärke der Electricität bei verschiedener Größe der Zahl der Platten oder ihrer Oberfläche bei den nassen und sogenannten trocknen Säulen angestellt hat, die Existenz dieser Verzögerung. Versuche, bei denen die Leichtigkeit der Bewegung gleichgültig ist, wie die electrische Spannung, gelingen bei derselben Oberfläche aller Elemente besser, wenn wir viele und kleine Platten nehmen; ist aber die Schnelligkeit des Stromes ein wesentliches Erforderniß zum Gelingen der Versuche, dann sind wenige große Platten, bei denen wenige Abwechselungen der Leiter sind, erforderlich. Deshalb zeigen uns die trocknen Säulen fast gar keine chemischen und electromagnetischen Wirkungen, deshalb sind eben diese so schwach bei nassen Säulen, welche aus vielen kleinen Platten aufgebaut sind.

---

67) Gilbert's Annalen XXI, 213.

68) Schweigger's Jahrbuch N. R. XIX, 28.

Findet die Electricität nun schon bei ihrer Bewegung durch gute Leiter so viel Hindernisse, so muß es ihr noch weit schwerer werden, sich durch eine Reihe von schlechten Leitern und Isolatoren zu verbreiten. Haben im Momente der Bildung alle Bläschen gleichviel Electricität, so bewegt sich die von einem in der Mitte liegenden Theilchen nach dem nächsten Bläschen, dieses aber hält schon einen Theil des angekommenen Fluidums zurück, und dieses thun alle folgenden, so daß die Electricität von der Mitte an gegen die Oberfläche nach einem Gesetze wächst, welches von der Gestalt der Wolke, ihrem Leitungsvermögen und vielleicht von der Stärke der ursprünglich entwickelten Electricität [69]) abhängt.

Wenn demnach eine Nebelmasse den Boden berührt, so dauert die Electricität ganze Stunden hindurch fort, nicht blos weil in jedem Momente neue Electricität entwickelt wird, sondern auch weil sehr viel Zeit erforderlich ist, ehe alle positive Electricität durch die schlechten Leiter in den Boden strömen kann.

Schübler, Lampadius [70]) und andere Beobachter haben in den Wolken und Nebeln zuweilen negative Electricität gefunden, dieses war aber stets nur dann der Fall, wenn aus ihnen Regen herabfiel. Diese Thatsache scheint mit einer von Tralles gemachten und in der Folge von Volta [71]) und Schübler [72]) bestätigten Erfahrung zusammenzuhängen. In der Nähe von Wasserfällen nämlich zeigt sich stets eine mehr oder weniger starke Electricität, und zwar ist dieses nicht blos bei großen Wasserfällen der Fall, sondern auch bei Bächen, die sich auf Klippen brechen; nicht nur bei eigentlichen Wasserfällen, wo das Wasser aus der Höhe herabstürzte, sondern auch bei Wasserstrudeln [73]). Tralles leitete diese Electricität anfänglich aus einer Reibung der Wassertropfen an der Luft her, stimmte aber der Erklärung von Volta bei,

69) Ich füge diesen letztern Umstand deshalb hinzu, da es eine bekannte Thatsache ist, daß alle Nichtleiter nur bis zu einer gewissen Stärke der Electricität Isolatoren sind.

70) Lampadius Atmosphärologie S. 72.

71) J. G. Tralles Beitrag zur Lehre von der Electricität. Bern 1786. Volta's 7ter Brief an Lichtenberg, Opere I, II, 239 und Meteor. Briefe S. 225.

72) Schweigger's Jahrb. XIX, 1.

73) Volta Opere p. 240. Briefe p. 227.

ß, wonach diese — E von der Verdunstung der Wassertropfen herrührte, welche — E behielten, während die Dämpfe sich mit + E entfernten. Ganz auf dieselbe Art sollten die Regentropfen verdunsten und negativ electrisch werden.

Wenn das Wetter längere Zeit hindurch trübe war und sich dann schnell aufheitert, so nimmt die Stärke der Electricität sehr schnell zu. Schon Beccaria machte auf diesen Umstand aufmerksam [74]) und in der Folge ist er von vielen Beobachtern bestätigt worden.

Sehr stark ist ferner die Electricität, wenn sich die Wolken schnell gebildet haben und sie sich nicht sogleich zerstreuen kann. Nähert sich bei windigem Wetter, wo schnelle Condensationen statt finden, eine Wolke dem Zenith, so wird die Divergenz größer und größer, so wie die Wolke näher rückt. Verwandelt sich diese Wolke in Regen, dann bringt ein jeder Tropfen seine eigene electrische Atmosphäre in die Tiefe, und die Spannung, welche das Electrometer angiebt, wird in wenigen Minuten sehr bedeutend.

Alles herabfallende meteorische Wasser ist mehr oder weniger electrisch und die mittlere Stärke der Electricität ist dann im Durchschnitte weit größer. Was aber die Art dieser Electricität betrifft, so ist diese bald positiv, bald negativ, ja bei demselben Regen sind Art und Stärke vielen Schwankungen unterworfen. Aber dieses Phänomen ist so complicirt, die Umstände, unter denen die Regen gebildet wurden, sind so wenig beachtet, daß es kaum möglich ist, bis jetzt den Gang der Erscheinungen, noch weniger aber die nähern Gründe anzugeben. Vergleicht man das mehrfach erwähnte Beobachtungsjournal von Read, so finden wir in den meisten Fällen mehrfache Wechsel der Electricität; Volta dagegen sagt, der Regen sey fast stets negativ [75]). Aber wie bereits Volta selbst bemerkte, muß man hiebei länger anhaltende Regen und Regenschauer unterscheiden. Bei seinen Beobachtungen achtete er

74) Beccaria Elettricismo §. 1049.

75) L'ettricità quasi sempre *negativa* delle piogge quando quelle di ciel sereno, delle nubi non temporalesche, e delle nebbie alte o basse, è sempremai *positiva* etc. Volta Opere I, II, 284.

Findet die Electricität nun schon bei ihrer Bewegung durch gute Leiter so viel Hindernisse, so muß es ihr noch weit schwerer werden, sich durch eine Reihe von schlechten Leitern und Isolatoren zu verbreiten. Haben im Momente der Bildung alle Bläschen gleichviel Electricität, so bewegt sich die von einem in der Mitte liegenden Theilchen nach dem nächsten Bläschen, dieses aber hält schon einen Theil des angekommenen Fluidums zurück, und dieses thun alle folgenden, so daß die Electricität von der Mitte an gegen die Oberfläche nach einem Gesetze wächst, welches von der Gestalt der Wolke, ihrem Leitungsvermögen und vielleicht von der Stärke der ursprünglich entwickelten Electricität [69]) abhängt.

Wenn demnach eine Nebelmasse den Boden berührt, so dauert die Electricität ganze Stunden hindurch fort, nicht blos weil in jedem Momente neue Electricität entwickelt wird, sondern auch weil sehr viel Zeit erforderlich ist, ehe alle positive Electricität durch die schlechten Leiter in den Boden strömen kann.

Schübler, Lampadius [70]) und andere Beobachter haben in den Wolken und Nebeln zuweilen negative Electricität gefunden, dieses war aber stets nur dann der Fall, wenn aus ihnen Regen herabfiel. Diese Thatsache scheint mit einer von Tralles gemachten und in der Folge von Volta [71]) und Schübler [72]) bestätigten Erfahrung zusammenzuhängen. In der Nähe von Wasserfällen nämlich zeigt sich stets eine mehr oder weniger starke Electricität, und zwar ist dieses nicht blos bei großen Wasserfällen der Fall, sondern auch bei Bächen, die sich auf Klippen brechen; nicht nur bei eigentlichen Wasserfällen, wo das Wasser aus der Höhe herabstürzte, sondern auch bei Wasserstrudeln [73]). Tralles leitete diese Electricität anfänglich aus einer Reibung der Wassertropfen an der Luft her, stimmte aber der Erklärung von Volta bei,

---

69) Ich füge diesen letztern Umstand deshalb hinzu, da es eine bekannte Thatsache ist, daß alle Nichtleiter nur bis zu einer gewissen Stärke der Electricität Isolatoren sind.

70) Lampadius Atmosphärologie S. 72.

71) J. G. Tralles Beitrag zur Lehre von der Electricität. Bern 1786. Volta's 7ter Brief an Lichtenberg, Opere I, II, 239 und Meteor. Briefe S. 225.

72) Schweigger's Jahrb. XIX, 1.

73) Volta Opere p. 240. Briefe p. 227.

l, wonach diese — E von der Verdunstung der Wassertropfen rrührte, welche — E behielten, während die Dämpfe sich mit -E entfernten. Ganz auf dieselbe Art sollten die Regentropfen rdunsten und negativ electrisch werden.

Wenn das Wetter längere Zeit hindurch trübe war und sich n schnell aufheitert, so nimmt die Stärke der Electricität sehr nell zu. Schon Beccaria machte auf diesen Umstand auf-rksam [74]) und in der Folge ist er von vielen Beobachtern be-igt worden.

Sehr stark ist ferner die Electricität, wenn sich die Wolken ell gebildet haben und sie sich nicht sogleich zerstreuen kann. hert sich bei windigem Wetter, wo schnelle Condensationen att finden, eine Wolke dem Zenith, so wird die Divergenz ßer und größer, so wie die Wolke näher rückt. Verwandelt diese Wolke in Regen, dann bringt ein jeder Tropfen seine ne electrische Atmosphäre in die Tiefe, und die Spannung, che das Electrometer angiebt, wird in wenigen Minuten sehr eutend.

Alles herabfallende meteorische Wasser ist mehr oder weniger trisch und die mittlere Stärke der Electricität ist dann im Durch-itte weit größer. Was aber die Art dieser Electricität betrifft, t diese bald positiv, bald negativ, ja bei demselben Regen sind Art Stärke vielen Schwankungen unterworfen. Aber dieses Phä-ten ist so complicirt, die Umstände, unter denen die Regen ge-et wurden, sind so wenig beachtet, daß es kaum möglich ist, jetzt den Gang der Erscheinungen, noch weniger aber die nähern inde anzugeben. Vergleicht man das mehrfach erwähnte bachtungsjournal von Read, so finden wir in den meisten len mehrfache Wechsel der Electricität; Volta dagegen sagt, Regen sey fast stets negativ [75]). Aber wie bereits Volta st bemerkte, muß man hiebei länger anhaltende Regen und jenschauer unterscheiden. Bei seinen Beobachtungen achtete er

---

:) Beccaria Elettricismo §. 1049.

i) L'ettricità quasi sempre *negativa* delle piogge quando quelle di ciel sereno, delle nubi non temporalesche, e delle nebbie alte o basse, è sempremai *positiva* etc. Volta Opere I, II, 284.

sorgfältig auf die Beschaffenheit der Electricität vor, währen
nach dem Regen. Näherten sich die Wolken, so zeigte sich
+ E; fielen die ersten Tropfen, so wurde diese schwächer
schwand endlich, und allmählig trat — E auf, welche in w
Minuten so stark wurde, daß ein kleiner zum Fenster hinausg
ner Leiter Funken gab. So dauerte es eine halbe oder ganze S
fort. Regnete es aber mehrere Stunden oder ganze Tag
durch, so wurde auch jene negative Electricität sehr schwach.
wenn der Regen etwa auf kurze Zeit zunahm, wurde sie s
ging aber in + E über, wenn der Regen auf einige Zei
hörte [76]).

Etwas verschieden ist nach Foggo der Gang der Elect
bei Regenschauern in England. So lange nämlich die W
einiger Entfernung von der Stange ist, hat die Luft gewi
+ E; steht einmal der vorangehende Theil der Wolke übe
Leiter, so verliert sich die Electricität und wird dann gar n
Dieser Zustand dauert nur eine kurze Weile, geht in den p
electrischen über, welcher anhält, bis die Wolke vorüber
gen ist, wo wieder — E hervortritt, die dann durch die
der Atmosphäre verdrängt wird [77]). Diese positive Elect
zur Zeit heftiger Regenschauer, die nur wenige Minuten
ten, habe ich selbst öfter bemerkt.

Nehmen wir das Mittel aus einer großen Zahl von
achtungen, so ist die Electricität bei Niederschlägen weit
figer negativ als positiv, beide aber sind nach den Erfahr
von Schübler desto stärker, je dichter die Niederschläg
und je mehr Wasser in derselben Zeit herabfällt. Von 41
derschlägen, welche Schübler in einer Zeit von 30 M
im südlichen Deutschland beobachtete, waren 161 positi
251 negativ, es verhält sich also die Zahl der positiven zu d
negativen wie 1 : 1,55 [78]), dagegen verhält sich nach den
achtungen von Hemmer zu Mannheim in den Jahren 17

76) Volta l. l. S. 289.

77) Edinb. Journ. of Sc. IV, 124. Daraus Baumgartne
schrift I, 295.

78) Schweigger Jahrb. N. R. XXIX, 259. Schübler
S. 139.

87 die Zahl der positiven Niederschläge zu der der negativen
: 1:1,08.

Nach diesen Untersuchungen von Schübler hat auch die
ndrichtung sehr großen Einfluß auf die Art der Electricität.
rden nämlich die Niederschläge bei den einzelnen Winden näher
: einander verglichen, so erhalten wir folgende Verhältnisse
schen der Zahl der positiven und negativen Regen.

Wind	Zahl der Niederschläge geordnet nach ihrer Electricität		Verhältniß der positiven zu den negativen Niederschlägen		
	positiv	negativ	Beobacht.	Berechn.	Untersch.
N	12	11	1:0,91	1:0,99	+0,08
NO	11	12	1:1,09	1:1,14	+0,05
O	3	5	1:1,66	1:1,44	—0,22
SO	4	7	1:1,75	1:2,00	+0,25
S	5	13	1:2,60	1:2,47	—0,13
SW	28	65	1:2,32	1:2,31	—0,01
W	73	106	1:1,45	1:1,62	+0,17
NW	25	32	1:1,28	1:1,07	—0,21

sind hiernach die Regen am häufigsten positiv electrisch bei
rdwinden, am häufigsten negativ electrisch bei Südwinden
zwischen beiden findet ein allmähliger Uebergang Statt. Wird
Zahl der positiven Niederschläge als Einheit angesehen, so läßt
die der negativen durch folgende Gleichung ausdrücken:

$$N_n = 1{,}632 + 0{,}746 \sin(n \,.\, 45 + 263^\circ\, 14') + 0{,}138 \sin(n \,.\, 90^\circ + 46^\circ\, 28')$$

die Windrichtung von N durch O gezählt wird, und N_n die
n nten Winde entsprechende Zahl negativer Niederschläge ist.
: berechneten Werthe, welche in obiger Tafel mitgetheilt sind,
en hinreichend, daß dieser Ausdruck der Natur nahe entspricht.

Ich kenne nur noch die Beobachtungen, welche Hemmer
hrere Jahre hindurch zu Mannheim anstellte und in den Mann-
ner Ephemeriden bekannt machte, die sich zu dieser Unter-
hung benutzen lassen. Sehen wir nämlich die Zahl der positi-
Niederschläge als Einheit an, so erhalten wir für die negati-
folgende Größen:

Wind	Beobachtet	Berechnet	Unterschied
N	0,47	0,52	+0,05
NO	0,84	0,75	—0,09
O	0,91	0,95	+0,04
SO	0,98	0,95	—0,03
S	1,04	1,01	—0,03
SW	1,10	1,17	+0,07
W	1,08	1,06	—0,02
NW	0,66	0,67	+0,01

Also eben so wie in Stuttgart ist der Regen bei nördlichen Winden am seltensten, bei südlichen Winden am häufigsten negativ. Die Zahl negativer Regen bei den einzelnen Winden läßt sich ausdrücken durch die Gleichung

$$N_n = 0{,}885 + 0{,}251 \sin (n \,.\, 45^\circ + 257^\circ\, 46') + 0{,}141 \sin (n \,.\, 90^\circ + 302^\circ\, 0')$$

An beiden Orten liegt das Maximum bei S oder SW, das Minimum ein wenig westlich von N, also nahe mit denselben Richtungen zusammenfallend, welche wir für die Regen im Allgemeinen von großer Wichtigkeit erkannten. Es muß künftigen Untersuchungen an einer größern Zahl von Orten vorbehalten bleiben, zu entscheiden, ob dieser Einfluß der Winde von allen Orten derselbe sey, oder ob im südöstlichen Deutschland der Wind, welcher am häufigsten negative Regen bringt, mit NW, in Schweden mit N zusammenfalle.

Ist nun gleich der Regen nach den Untersuchungen von Schübler häufiger negativ als positiv, so finden wir doch bei den positiven Niederschlägen im Mittel eine stärkere Electricität als bei den negativen. Die Stärke in Graden seines Electrometers war bei den einzelnen Winden folgender Maßen beschaffen:

Wind	Mittlere Stärke der Electricität		
	positiv	negativ	Mittel
N	131°	99°	116°
NO	105	132	120
O	15	13	13
SO	19	10	13
S	26	23	24
SW	66	33	44
W	75	39	53
NW	31	46	40
Mittel	69	43	53

ei allen Winden ist die Stärke der positiven Electricität be- der als die der negativen, jedoch scheint es mir, als ob die er angestellten Messungen noch zu klein sey, um hieraus all- le Gesetze über das Verhältniß dieser Stärke herzuleiten. ieden aber geht aus der Tafel hervor, daß die Electricität ·dlichen Winden weit stärker sey, als bei südlichen; ob aber oße Sprung von NO zu O in der Natur begründet sey, oder licht vielmehr seinen Grund in der geringen Zahl von Beob- zen habe, muß durch länger fortgesetzte Messungen an meh-)rten entschieden werden.

Schübler sucht den Grund dieses Gegensatzes in Folgen- Beim Niederschlage der in der Atmosphäre schwebenden : entsteht ursprünglich + E; die negative scheint sich da- häufiger durch electrische Gegensätze, durch polarische Ver- ıg zu bilden, theils auch durch theilweises Verdunsten der allenden Regentropfen zu entstehen, deren verdunstende Ba- ılich dem feinen Wasserstaub der Wasserfälle nach und nach ıd des Falls selbst negative Electricität enthält. Bei den hen und östlichen Winden ist die Luft gewöhnlich trockner, gensätze zwischen + E und — E werden reiner und stär- ·vortreten können, zugleich ziehen die Wolken bei nördlichen n tiefer; beides kann dazu beitragen, daß die Electricität iederschläge stärker electrisch ist; bei südlichen und südwest- Winden ziehen dagegen die Wolken höher, die Luft ist im ıeinen feuchter, es können sich dadurch weniger leicht electri-

sche Gegensätze bilden, zugleich ist die Luft wärmer, die a[illegible] höhern Lüftschichten fallenden Regentropfen werden wieder th[illegible] weise stärker verdunsten und dadurch häufiger mit — E bela[illegible] auf der Erdoberfläche ankommen können [79]).

So weit meine eignen, freilich nicht sehr zahlreichen, Be[illegible] achtungen reichen, müssen wir den Vorgang bei Regenscha[illegible] und anhaltenden Regen einzeln betrachten. Bilden sich erstere, [illegible] ist der Himmel meistens heiter, das ganze Ansehen desselben, d[illegible] Stand der Hygrometer zeigen, daß die Luft weit vom Zusta[illegible] der Sättigung entfernt ist; Windstöße, welche dann meist[illegible] herrschen, mischen die Luftmassen schnell, der Niederschlag [illegible] die Vergrößerung der Wolke erfolgen zusehends, wie Arme s[illegible] ren die Fasern aus dem früher schon vorhandenen Cumulus [illegible] sein vorher scharfer und glänzender Rand wird verwaschen [illegible] grau. Bildet sich die Wolke erst in der Nähe des Zeniths, [illegible] steigt die positive Electricität sehr schnell, wird aber durch das [illegible] Volta und Schübler erwähnte Verdunsten der Tropfen in [illegible] zer Zeit negativ, da diese durch eine nicht gesättigte Luft gehen.

Anders ist es bei mehrere Stunden oder Tage dauernde[illegible] Regen, aber hier müssen wir den Gegensatz zwischen Regen [illegible] nördlichen und südlichen Winden speciell unterscheiden. War die Temperatur bei heiterm Himmel mehrere Tage hindurch hoch, [illegible] beginnt das Barometer langsam zu sinken, einzelne Cirri bilden sich in den höhern Regionen, es wird der Ostwind nach Dove's Hypothese durch den Südwind verdrängt. Die Fasern der Cirri breiten sich immer weiter aus, der Himmel erhält ein weißliches, am Horizonte ins Blaugraue spielendes Ansehen. Dabei nimmt die positive Electricität meistens zu; nach einiger Zeit bilden sich in der Tiefe Cumuli, das Barometer sinkt fort und es fängt Regen in einer Atmosphäre an, welche dem Zustande der Sättigung nahe liegt. Dieser Regen, welcher bei südwestlichen Winden Statt findet, ist anfänglich positiv, wird nach einiger Zeit negativ oder unelectrisch. Dieser Wechsel der Electricität rührt jedoch, meiner Ansicht nach, nicht von einer Verdunstung der Tropfen her, der feuchte Zustand der Atmosphäre, die Zunahme der Wassermenge in dem tiefer stehenden Regenmesser unter diesen

79) Schübler Meteorol. S. 140.

nständen [80]), machen die Idee einer solchen Verdunstung unahrscheinlich; ich glaube vielmehr die Ursache dieser negativen lectricität in der Existenz der beiden Wolkenschichten suchen zu issen. Im Momente seiner Entstehung hat der Cumulus eben wie jeder andere Niederschlag + E. Geben wir ihm der Einchheit halber eine Kugelgestalt und befände er sich in bedeuter Entfernung von andern electrisirten Körpern, so würde die tärke der Electricität an allen Punkten seiner Oberfläche gleich yn. Die Existenz der obern Wolkenschicht ändert diesen Zustand leich anfänglich ab. Die positive Electricität, welche letztere best, ist Ursache, daß der Cumulus auf der obern Seite entweder negativ oder schwach positiv, auf der gegen uns gerichten Seite dagegen viel stärker positiv ist, um so mehr, da ie negative Electricität des Bodens diesen Zustand begünstigt. t die Luft sehr feucht, so ist es möglich, daß sich die positive lectricität von der untern Seite des Cumulus langsam zerreut, während die negative der obern Seite von dem höher ehenden Cirrus oder Cirrostratus gebunden wird. Der Himel, welcher unter diesen Umständen gleichförmig bewölkt ist, igt keine Spur von Electricität. Folgt nun ein Regen, so bringt der Tropfen eine geringe Menge der Electricität der Wolke mit, ir finden unter diesen Umständen daher vorzugsweise — E; auert der Regen längere Zeit mit etwa gleicher Heftigkeit fort, ann verschwindet diese Electricität ganz, weil sie sich größtentheils em Boden mittheilte. Folgte der Regen bald nach der Nebelildung, dergestalt, daß sich die Electricität der untern Seite nicht erstreuen konnte, so hatte er anfänglich + E., nach einiger Zeit ar dieses verschwunden und nun tritt — E auf.

Anders dagegen ist der Vorgang bei nördlichen Winden. Der Niederschlag erfolgt hier schnell, weit seltner als bei südlichern Winden, giebt es zwei Wolkenschichten. Cumuli, die bald in Cumulostrati und Nimbi übergehen, besitzen noch größtentheils hre ursprünglich positive Electricität. Daher ist unter diesen Umänden die Zahl positiver Niederschläge überwiegend. Hatte es us diesen Wolken schon geregnet, ehe sie das Zenith erreichten, ist es möglich, daß sie schon eben so mit — E ankommen, wie

80) Bd. I. S. 417.

Regenschauer; es kann ferner geschehen, daß die Nord schnell auf südliche folgen, ehe die Cirrostrati der obern nen verschwunden sind, oder daß die gebildete Wolke vert indem ihre obere Seite von der Sonne erwärmt wird: alle stände, welche es möglich machen, daß die Niederschläge be lichen Winden negativ werden. Dieses Uebergewicht der p Electricität bei nördlichen Winden ist auch Ursache, daß der meistens positiv ist; nach den Erfahrungen von Schübl derselbe 27 Mal mit + E und 6 Mal mit — E herab [81]) denen von Hemmer war er 44 Mal positiv und 9 Mal ne

Wie weit das Gesagte durch eine größere Reihe von achtungen an verschiedenen Orten modificirt werden mög ich dahin gestellt seyn lassen; so weit jedoch meine Erfah reichen, so ist es vorzüglich die Existenz mehrerer Wolkensc welche auf die Art der Electricität großen Einfluß hat.

Da die Electricität eine Folge von dem Niederschl Dämpfe und dem raschen Fortschreiten der Vegetation ist, daß die Electricität der Niederschläge im Sommer weit seyn müsse, als im Winter. Die folgende Tafel von Sch bei welcher jedoch die Zählung der Grade nicht über 600° setzt wurde, beweist dieses hinreichend.

	Mittlere Stärke der Electricität		Stärkste Electricität in diesen Mon überhaupt
	positive	negative	
Januar	+ 40°	— 17°	+ 70° während vielen Schnees
Februar	41	44	— 150 mit + E wechselnd während de
März	74	68	— 340 mit + E wechselnd während des
April	40	59	— 80 bei Regen
Mai	186	179	± 600 bei Gewitter, Sturm und Reg
Junius	235	275	± 600 bei Gewitter
Julius	400	280	+ 600 — 500 bei Gewitter
August	290	80	+ 500 bei entfernten Gewittern
September	30	10	+ 30 bei etwas Regen
October	26	31	— 60 bei starkem Regen
November	24	25	+ 55 bei starkem Regen
December	32	157	— 400 bei Sturm und Regen.

Die jährliche Periode der Stärke der Electricität der schläge ist hier nicht zu verkennen, sie würde sich aus de

81) Schübler Meteor. S. 88.

el einer Reihe von Jahren ohne Zweifel noch regelmäßiger ergeben [82]).

Zu den großartigsten Erscheinungen in den Atmosphäre gehören die Gewitter, und nirgends tritt die Electricität in einem so starken, aber auch so complicirten Zustande auf, als hier. Wir wollen es hier versuchen, die wichtigsten Umstände bei diesem Phänomene näher anzugeben [83]).

Die Wolken, welche sich zu einem eigentlichen Gewitter ausbilden, sind in den meisten Fällen anfänglich klein und vergrößern sich oft sehr schnell, indem sie scheinbar aus sich selbst durch immer fortgehende Niederschläge der Dämpfe in den umgebenden Regionen an Stärke gewinnen. In kurzer Zeit bedecken sie oft den vorher meistens blaßblauen Himmel. Zu andern Zeiten bilden sich gleichzeitig an mehrern Orten über dem Horizonte solche Wolken, welche sich bald vereinigen, bald einzeln wirken. Sie characterisiren sich theils dadurch, daß sie schnell aus Cirrostrati in Cumuli und Cumulostrati übergehen, theils dadurch, daß sie starke Contraste von Beleuchtung bilden. An einigen Stellen ist ihre Farbe dunkelgrau und gleich daneben zeigen sich glänzende ins Gelbe spielende Farben. Zuweilen sieht man unter denselben mehrere in die Länge gedehnte ins Aschgraue spielende Streifen. Zu andern Zeiten, zumal dann, wenn die Sonne dem Untergange nahe ist, sehen sie an der westlichen Seite verwaschen gelb aus, und diese Farbe geht allmählig in Grau und Blau über, die ganze Landschaft hat dann das Ansehen, als ob man sie durch ein gelbes oder oranges Glas betrachtete.

Zu andern Zeiten sind schon mehrere Stunden vor der eigentlichen Gewitterbildung Wolken von der Art der Cirri sehr häufig. Am Morgen ist der Himmel vollkommen heiter; gegen Mittag zeigen sich einzelne Cirri, deren Fäden vielfach verästelt dem Himmel ein mehr oder weniger weißes Ansehen geben. Je länger der Prozeß dauerte, desto matter schien die Sonne, dabei sah man bei genauerer Aufmerksamkeit fast ohne Ausnahme Höfe größe-

---

82) Schübler Meteor. S. 87.

83) Ich folge hiebei vorzüglich den Darstellungen von (Brandes Beiträge zur Witterungskunde S. 336) und Pfaff in den Artikeln Blitz, Donner und Gewitter in Gehler's phys. Wörterb.

rer Art um die Sonne [84]). Unter dieser obern Wolkenschicht erschienen bald Cumuli, welche sich immer weiter ausbreitend mit der obern Schicht zusammenzufließen schienen und ein dunkleres Ansehen erhielten. Diesen Vorgang habe ich bei den meisten Gewittern beobachtet; die Vereinigung der beiden Wolkenschichten war aber häufig nur scheinbar, die untern Wolken bewegten sich fort, während die obern ruhig zu stehen schienen.

Der zuletzt erwähnten Entstehung der Gewitter geht meistens ein langsames aber anhaltendes Sinken des Barometers voraus, dabei ist die Atmosphäre sehr ruhig, ein schwüle drückende Hitze bei wolkenlosem Himmel ist characteristisch, die Nächte sind wärmer als gewöhnlich. Häufig dauert dieser Vorgang mehrere Tage, ohne daß es zu einem eigentlichen Gewitter kommt.

Die Hitze, welche wir zu solchen Zeiten empfinden, ist meistens sehr drückend; sie wird aber nicht immer durch das Thermometer angezeigt, und daß zur Bildung eines Gewitters keine hohe Temperatur wesentlich erforderlich sey, geht daraus hervor, daß auch im Winter Gewitter entstehen. Eine wichtige Bedingung aber für die Ausbildung der Gewitter, besonders im Sommer, scheint eine schnelle Aenderung der Temperatur mit der Höhe zu seyn, wie dieses besonders aus den Erfahrungen von Brandes hervorgeht. Bei seinen Beobachtungen über die Strahlenbrechung fand er bei schwüler Gewitterluft oft eine so starke Refraction, daß nur ein starker Unterschied in der Temperatur der Luftschichten sie erklären konnte. Brandes fügt noch eine andere von Laperouse gemachte Erfahrung hinzu, auf welche ein starker Sturm folgte. Als sich dieser am 26sten Mai 1787 zwischen Japan und Corea befand, zeigten die oben auf dem Maste befindlichen Wachen an, daß sie glühend heiße Dünste fühlten, die vorübergingen, aber nach Zwischenräumen einer halben Minute sich folgten. Die hinaufgeschickten Offiziere fanden diese Nachricht völlig richtig, und bemerkten, daß das Thermometer, welches auf dem Verdeck auf 14° R stand, dort auf 20° stieg, obgleich jene heißen Winde schnell vorübergingen, und also das Thermometer vermuthlich nicht bis zu dem ihnen zugehörigen Grade heben [85]).

84) Ueber die Art, die dem bloßen Auge kaum wahrnehmbaren Höfe zu beobachten, werde ich späterhin Mehreres sagen.

85) Brandes Beiträge 363. la Pérouse Voyage II, 389.

Haben sich die Gewitterwolken bei windstillem Wetter in einiger Entfernung vom Zenith gebildet, so erhebt sich sogleich ein lebhafter Wind, wenn sie näher kommen. Mit ungeheurer Heftigkeit wirkt derselbe oft auf die ihm entgegenstehenden Gegenstände, Staubmassen werden bis zu bedeutender Höhe erhoben, die ganze Atmosphäre dadurch verfinstert, Bäume entwurzelt und Häuser ihrer Ziegel beraubt. Dieser Sturm weht nach allen Seiten von der Gewitterwolke [86]).

In der Gewitterwolke sieht man meistens mehr oder weniger lebhafte Bewegungen von Wolkenstücken vor sich gehen, mit großer Schnelligkeit eilen kleine Wolken zu der Hauptmasse, während andere sich entfernen. In den meisten Fällen ist die Höhe von jenen größer als von diesen.

Dabei nimmt die Electricität der Luft schnell zu, meistens ist sie positiv, aber ihre Stärke ist vielen Schwankungen unterworfen. Ist die electrische Ladung hinreichend stark, so zeigt sich ein Blitz. Wäre dieser stillstehend, so würde er wahrscheinlich einer Feuerkugel gleichen, und mehrere Beobachter haben dieses auch gesehen. So bemerkt Sockolow, daß der Blitz, durch welchen Richmann getödtet wurde, auf seinem kurzen Wege die Gestalt eines Feuerballes hatte; auch erwähnt Schübler, man habe bei einem Gewitter am 12ten Mai 1825 zu Simmersfeld auf dem Schwarzwalde zwei auf einander folgende Blitze von ungewöhnlicher Form gesehen. Sie endigten sich nämlich in einen armsdicken Feuerstrom, der abwärts gegen die Erde fuhr, und an dessen Ende man eine Feuerkugel bemerkte; die Kugel glühte noch feuriger als der Strom selbst. Der Feuerstrom des ersten Blitzes fuhr in gerader Richtung, der des zweiten mehr im Zickzack abwärts, man glaubte ein Feuerwerk mit Raketen vor sich zu haben [87]). Bei einem heftigen Gewitter in Halle am 11ten Junius 1827 bemerkte ich ebenfalls mehrere helle Blitze, welche sich mit einer Feuerkugel endigten.

Dieselbe scheinbare Regellosigkeit und Mannigfaltigkeit, welche uns die Funken der Electrisirmaschine zeigen, sehen wir auch hier, wo der Weg des Funkens viel größer ist. Bisweilen geht der Funke gerade auf den getroffenen Gegenstand zu, dagegen

86) Band I. S. 210.

87) Schweigger Jahrb. N. R. XI, 36.

schlängelt er sich zu andern Zeiten und erscheint uns in Gestalt eines Zickzackes. Helvig, welcher über die scheinbare Gestalt des Blitzes sehr viele Messungen angestellt hat [88]), leitet die Entstehung dieses Zickzackes aus der Compression der Luft her, welche der Blitz vor sich hertreibt. Zeichnungen des Blitzes, welche H. mit der Camera clara aufnahm, scheinen zu beweisen, daß das Abspringen des Blitzes von seiner frühern Richtung unter einem Winkel von 40° geschehe, wenigstens habe er ihn nie kleiner gefunden. Indessen bemerkt Brandes mit Recht, daß die Zahl möglicher Täuschungen hiebei sehr groß sey, und daß viel auf die Stellung des Auges ankommt [89]). Parrot [90]) geht bei seiner Erklärung des Zickzackes von dem Satze aus, daß die electrischen Explosionen, welche den Blitz bilden, in der Atmosphäre selbst geschehen, und daß nur die heftigsten derselben die Erdfläche erreichen; der Leiter, auf welchen sich der Blitz stürzt, müsse also in der Atmosphäre seyn, und da diese nie frei von Niederschlägen ist, so können wir uns dieselben als aus abwechselnden, mehr oder minder feuchten Massen bestehend denken, von denen der Blitz die feuchtern als bessere Leiter auf seinem Wege aufsucht. Pfaff bemerkt gegen diese Erklärung, daß sich dasselbe nicht auf die zickzackförmige Gestalt der Funken bei unsern Maschinen anwenden ließe [91]).

So wie sich der Funke, welcher aus dem Leiter unserer Maschinen ausströmt, öfter in mehrere Aeste theilt, besonders dann, wenn er gegen eine Ebene oder eine Kugel von großem Durchmesser springt, so sehen wir auch öfters eine Theilung des Blitzes. Jedoch scheint das Phänomen zu den Seltenheiten zu gehören, da es nicht häufig erwähnt wird. Eine Theilung in zwei Aeste habe ich mehrmals, eine Theilung in drei nur selten bemerkt. Muncke sah einen anscheinend lothrecht herabgehenden über 200 Fuß langen Blitzstrahl sich in lauter kleine Kügelchen auflösen [92]).

---

88) Gilbert's Ann. LI, 139.
89) Brandes Beiträge S. 353.
90) Parrot Physik der Erde §. 325. S. 462.
91) Pfaff in Gehler's Wörterb. I, 1000.
92) Sacra natal. Divi Caroli Friderici etc. die XXII Nov. 1819 renunciat G. W. Muncke cit. von Pfaff in Gehler's Wörterbuch I, 1000.

In vielen Fällen findet die electrische Explosion zwischen verschiedenen Wolkenschichten Statt, wie daraus hervorgeht, daß man die Wolken selbst in der Nähe des Zeniths nur von einem hellen Scheine erleuchtet sieht, ohne einen Funken zu bemerken. Wenn die Explosion zwischen Wolken und Erdoberfläche Statt findet, so soll nach der herrschenden Meinung der Blitz aus der Wolke herabfahren, jedoch wagte Maffei die sonderbare Behauptung, wie sich Pfaff ausdrückt, daß alle Blitze von der Erde aufstiegen [93]). Maffei selbst, so wie Chappe d'Auteroche wollen deutlich Blitze aus der Erde haben heraufkommen sehen [94]). Auch haben Cotte, Bertholon, Mourgue, Borgna und Andere aufsteigende Blitze gesehen [95]).

Hiernach scheint mir die Behauptung von Maffei keinesweges sonderbar zu seyn, im Gegentheil glaube ich, wir müssen annehmen, daß der Blitz zugleich aufwärts und abwärts fährt, wie dieses sowohl die von Cotte mitgetheilten Thatsachen, als auch eine spätere Erfahrung eines aufmerksamen Beobachters, des verstorbenen Consistorialrath Koch zu Magdeburg, beweisen. Auf einer Harzreise, schreibt der Verfasser, die ich schon im Jahre 1787 mit einigen Freunden machte, hörten wir von Süden her einen Donner, und sahen, als wir bald darauf an einen freien Platz kamen, eine einzelne große schwarze Wolke in gleicher Höhe mit unserm Standpunkte, ihre Richtung gerade auf uns zunehmen. In dem Augenblicke, wo sie uns erreichte, sahen wir uns von einem dichten Nebel umfangen, der von einem zwar feinen aber durchdringenden Regen begleitet war. Die Wolke verfolgte ihren Weg nach Wernigerode. Als sie uns fern genug zu seyn schien, standen wir, sie betrachtend, still. Wir hörten wieder Donner, und sahen nun, daß, so oft ein Blitz zur Erde

---

93) Scipione Maffei della formazione de' fulmini. 4. Verona 1747. In diesen Briefen, welche ich nur nach dem Auszuge im Hamburger Magazin (II, 284) kenne, befindet sich auch ein Aufsatz über die Electricität, ohne daß auch nur eine Hypothese über die electrische Natur des Blitzes aufgestellt zu seyn scheint. Die Meinung Maffei's über die aufwärts steigenden Blitze findet sich auch vorgetragen in Richter de vero loco natali fulminum. Lips. 1725.

94) Lichtenberg Magazin II, 36. Histoire de l'Acad. 1769. p. 20.

95) Cotté Mém. I, 164 u. Traité p. 76.

schlängelt er sich zu andern Zeiten und erscheint uns in Gestalt eines Zickzackes. Helvig, welcher über die scheinbare Gestalt des Blitzes sehr viele Messungen angestellt hat [88]), leitet die Entstehung dieses Zickzackes aus der Compression der Luft her, welche der Blitz vor sich hertreibt. Zeichnungen des Blitzes, welche H. mit der Camera clara aufnahm, scheinen zu beweisen, daß das Abspringen des Blitzes von seiner frühern Richtung unter einem Winkel von 40° geschehe, wenigstens habe er ihn nie kleiner gefunden. Indessen bemerkt Brandes mit Recht, daß die Zahl möglicher Täuschungen hiebei sehr groß sey, und daß viel auf die Stellung des Auges ankömmt [89]). Parrot [90]) geht bei seiner Erklärung des Zickzackes von dem Satze aus, daß die electrischen Explosionen, welche den Blitz bilden, in der Atmosphäre selbst geschehen, und daß nur die heftigsten derselben die Erdfläche erreichen; der Leiter, auf welchen sich der Blitz stürzt, müsse also in der Atmosphäre seyn, und da diese nie frei von Niederschlägen ist, so können wir uns dieselben als aus abwechselnden, mehr oder minder feuchten Massen bestehend denken, von denen der Blitz die feuchtern als bessere Leiter auf seinem Wege aufsucht. Pfaff bemerkt gegen diese Erklärung, daß sich dasselbe nicht auf die zickzackförmige Gestalt der Funken bei unsern Maschinen anwenden ließe [91]).

So wie sich der Funke, welcher aus dem Leiter unserer Maschinen ausströmt, öfter in mehrere Aeste theilt, besonders dann, wenn er gegen eine Ebene oder eine Kugel von großem Durchmesser springt, so sehen wir auch öfters eine Theilung des Blitzes. Jedoch scheint das Phänomen zu den Seltenheiten zu gehören, da es nicht häufig erwähnt wird. Eine Theilung in zwei Aeste habe ich mehrmals, eine Theilung in drei nur selten bemerkt. Muncke sah einen anscheinend lothrecht herabgehenden über 200 Fuß langen Blitzstrahl sich in lauter kleine Kügelchen auflösen [92]).

88) Gilbert's Ann. LI, 139.
89) Brandes Beiträge S. 353.
90) Parrot Physik der Erde §. 325. S. 462.
91) Pfaff in Gehler's Wörterb. I, 1000.
92) Sacra natal. Divi Caroli Friderici etc. die XXII Nov. 1819 renunciat G. W. Muncke cit. von Pfaff in Gehler's Wörterbuch I, 1000.

In vielen Fällen findet die electrische Explosion zwischen verschiedenen Wolkenschichten Statt, wie daraus hervorgeht, daß man die Wolken selbst in der Nähe des Zeniths nur von einem hellen Scheine erleuchtet sieht, ohne einen Funken zu bemerken. Wenn die Explosion zwischen Wolken und Erdoberfläche Statt findet, so soll nach der herrschenden Meinung der Blitz aus der Wolke herabfahren, jedoch wagte Maffei die sonderbare Behauptung, wie sich Pfaff ausdrückt, daß alle Blitze von der Erde aufstiegen [93]). Maffei selbst, so wie Chappe d'Auteroche wollen deutlich Blitze aus der Erde haben heraufkommen sehen [94]). Auch haben Cotte, Bertholon, Mourgue, Iorgna und Andere aufsteigende Blitze gesehen [95]).

Hiernach scheint mir die Behauptung von Maffei keinesweges sonderbar zu seyn, im Gegentheil glaube ich, wir müssen annehmen, daß der Blitz zugleich aufwärts und abwärts fährt, wie dieses sowohl die von Cotte mitgetheilten Thatsachen, als auch eine spätere Erfahrung eines aufmerksamen Beobachters, des verstorbenen Consistorialrath Koch zu Magdeburg, beweisen. Auf einer Harzreise, schreibt der Verfasser, die ich schon im Jahre 1787 mit einigen Freunden machte, hörten wir von Süden her einen Donner, und sahen, als wir bald darauf an einen freien Platz kamen, eine einzelne große schwarze Wolke in gleicher Höhe mit unserm Standpunkte, ihre Richtung gerade auf uns zunehmen. In dem Augenblicke, wo sie uns erreichte, sahen wir uns von einem dichten Nebel umfangen, der von einem zwar feinen aber durchdringenden Regen begleitet war. Die Wolke verfolgte ihren Weg nach Wernigerode. Als sie uns fern genug zu seyn schien, standen wir, sie betrachtend, still. Wir hörten wieder Donner, und sahen nun, daß, so oft ein Blitz zur Erde

93) Scipione Maffei della formazione de' fulmini. 4. Verona 1747. In diesen Briefen, welche ich nur nach dem Auszuge im Hamburger Magazin (II, 284) kenne, befindet sich auch ein Aufsatz über die Electricität, ohne daß auch nur eine Hypothese über die electrische Natur des Blitzes aufgestellt zu seyn scheint. Die Meinung Maffei's über die aufwärts steigenden Blitze findet sich auch vorgetragen in Richter de vero loco natali fulminum. Lips. 1725.

94) Lichtenberg Magazin II, 36. Histoire de l'Acad. 1769. p. 20.

95) Cotté Mém. I, 164 u. Traité p. 76.

fuhr, ein dem Anscheine nach gleich starker Blitz in die Luft hinauf schlug, und eben so, wenn er in eine Seitenwolke überfuhr, ein gleicher auf gerade entgegengesetzter Seite zum Vorschein kam, so daß also jeder Blitz ein doppelter war. Die Gewißheit dieser von mir und meinen Begleitern zugleich gemachten Wahrnehmung kann ich verbürgen" [96]). Dasselbe Phänomen hat auch Bergmann mehrmals beobachtet [97]).

Und sehen wir denn etwas anderes bei den Funken unserer Electrisirmaschine? Bringen wir in die Nähe des positiven Leiters eine mit dem Erdboden in Verbindung stehende, also negative, Kugel, so sehen wir bei passender Entfernung kleine Lichtbüschel aus jedem Körper hervorfahren, die sich bei größerer Annäherung zu einem Funken verbinden. Wie viele Täuschungen aber hier möglich sind, wenn die Richtung des Funkens angegeben werden soll, davon erzählt Priestley ein auffallendes Beispiel [98]). Er ließ zwischen einer messingenen Kugel und einem großen kupfernen electrisirten Leiter Funken überspringen. Mochte nun dieser Leiter positiv oder negativ electrisirt seyn, stets kam es ihm so vor, als wenn der Funke von der Kugel nach dem Leiter spränge, sobald die Kugel sich über dem Leiter befand, dagegen schien ein Ueberspringen von dem Leiter zu der Kugel Statt zu finden, wenn letztere sich unter jenem befand. Fechner fügt der Erzählung dieser Thatsache hinzu, er habe sich von ihrer Richtigkeit überzeugt [99]), und bei positiver Ladung des Leiters habe ich es ebenfalls gesehen.

Ueber die Geschwindigkeit des Blitzes läßt sich nach den bisherigen Erfahrungen nichts Bestimmtes sagen. Zwar glaubt Helvig diese zu 40000 bis 50000 Fuß in der Secunde annehmen zu müssen [1]), aber es sind hiebei so viele Täuschungen möglich, daß die obige Angabe nicht einmal als eine rohe Schätzung angesehen werden kann.

---

96) Schweigger's Jahrb. N. R. XVI, 414.
97) Phys. Beschreib. d. Erdk. §. 129. II, 73.
98) Priestley Gesch. d. Electr. S. 478.
99) Biot Experimentalphysik von Fechner II, 320.
1) Gilbert's Annalen LI, 136.

Der Blitz verfolgt auf seinem Wege stets die bessern Leiter, und sein Weg kann daher sehr mannigfaltig seyn. Gestalt der Wolke, Grad der Spannung, Gestalt der Erdoberfläche u. s. w. haben darauf einen mehr oder weniger großen Einfluß. Im Allgemeinen müssen wir annehmen, die Schlagweite sey desto größer, je höher die electrische Spannung der Wolke ist; die letztere selbst scheint von der Größe und Schnelligkeit des Niederschlages abzuhängen. Daher sehen wir auch den Blitz meistens da, wo die Wolke am dichtesten ist [2]). Allein auch hier sind Täuschungen möglich. Wir sehen diese Wolke auf eine scheinbare Ebene projicirt; wäre sie also z. B. kugelförmig und durchaus von gleicher Dichtigkeit, so wird sie uns dort am dunkelsten und also am dichtesten erscheinen, wo sie am tiefsten gegen die Erde herabkommt, und hier muß sie sich am leichtesten entladen.

Befinden sich zwischen der Wolke und der Erde andere leitende Körper, so werden diese durch Vertheilung electrisirt, sie erleichtern dem Blitze das Herabfahren zur Erdoberfläche. Daher zeigt sich der Blitz häufig an solchen Stellen, wo sich tiefere Wolken bewegen.

Auf der Erdoberfläche trifft der Blitz häufig hervorragende Gegenstände, namentlich wenn dieses gute Leiter sind und durch Vertheilung electrisirt werden können. Thürme, Schornsteine, Bäume u. s. w. werden leichter getroffen, als der Boden. In diesem Streben, den guten Leitern zu folgen, liegt auch der Grund, der öfter gemachten Erfahrung, daß der Blitz bei demselben Gewitter wiederholt in dasselbe Gebäude schlägt. So erzählt Klügel einen Fall, wo der Blitz innerhalb 2—3 Minuten an 4 Orten einschlug, welche 420, 670 und 1170 Schritte von einander entfernt waren [3]). Diese Wiederholung scheint namentlich dann zu erfolgen, wenn der Blitz gezündet hat und ein heißer, gut leitender Luftstrom in die Höhe steigt.

Ohne hier die Eigenthümlichkeiten des Blitzes zunächst weiter zu verfolgen, will ich die übrigen begleitenden Umstände näher betrachten. Meistens mehrere Momente, nachdem der Blitz sich

---

2) Gehler's Wörterb. I, 1002.

3) Klügel Beschreibung der Wirkungen eines heftigen Gewitters, welches vom 12ten Julius 1779 die Stadt Halle betroffen. 8. Halle 1779.

gezeigt hatte, stürzt Regen herab, welcher häufig von Hagel begleitet ist. Die Regentropfen sind gewöhnlich sehr groß; selten aber hält er mehrere Minuten mit großer Stärke an; regnet es fort, ohne daß ein neuer Blitz folgt, so sind die Tropfen meistens kleiner. Ganz dasselbe geschieht mit dem Hagel, beide Niederschläge aber fangen nach jeder Explosion mit neuer Stärke an. Wenn das Gewitter dem Zenith nicht nahe steht, dann ist der Regen meistens gleichförmiger. Dieser Wechsel der Stärke scheint seinen Grund vorzüglich in plötzlichen Ausdehnungen der Luft zu haben. Indem der Blitz durch eine Luftmasse fährt, entsteht hier ein leerer Raum, von allen Seiten stürzen die Luftmassen mit Gewalt dorthin, es entsteht eine Condensation, und so fällt Regen mit Gewalt herab: ein Vorgang, der sich bei jedem Blitze wiederholt.

Dabei zeigt sich dann meistens ein sehr lebhafter Wechsel in der Art und Stärke der Electricität, über welchen wir in der Folge Mehreres sagen werden.

Wie bei allen electrischen Explosionen hört man auch hier ein lebhaftes mehr oder weniger starkes Geräusch, welches mit dem Namen **Donner** bezeichnet wird. Das Geräusch ist nicht in allen Fällen gleich. Wenn der Blitz einen Körper an der Erdoberfläche trifft, wenn er also dem gemeinen Sprachgebrauche zufolge einschlägt, so hören diejenigen, welche sich in seiner Nähe befinden, meistens einen mehr oder weniger heftigen Knall, welcher im Momente aufhört, während entfernter stehende Beobachter meistens ein prasselndes Geräusch vernehmen. Völlig verschieden hievon ist der eigentlich rollende Donner, besonders dann, wenn die Blitze zwischen den Wolken selbst Statt finden. Das Rollen desselben dauert oft mehrere Secunden und nimmt dabei nicht an Stärke ab, er erscheint vielmehr in Zwischenräumen von Zeit zu Zeit verstärkt und oft stoßweise mit heftigen Schlägen untermengt, ähnlich dem Poltern einer Last, welche langsam und stoßweise eine Treppe hinab bewegt wird. Dieses Donnern fängt in der Regel nicht mit der größten Stärke an, sondern ziemlich schwach beginnend, erreicht es erst nach einiger Zeit seine größte Intensität.

Ist es nun kaum zu bezweifeln, daß dieses Geräusch, welches wir im Kleinen bei unsern Maschinen beobachten, eine Folge der electrischen Entladung sey, so hält es doch sehr schwer, dieses Rol-

Rollen, das wir nicht mit dem Nachhalle einer angeschlagenen Saite vergleichen dürfen, in allen seinen Umständen zu erklären. Aeltere Physiker leiteten es aus dem Echo von terrestrischen Gegenständen her [4]), was um so wahrscheinlicher schien, da es in Gebirgsgegenden meistens weit fürchterlicher klingt. Da jedoch das Rollen auch auf dem Meere gehört wird, so wurde angenommen, daß der Schall von den Wolken reflectirt würde. Gegen letztere Behauptung machte de Luc die Einwendung, daß es nicht wohl denkbar sey, daß Wolken als bloße Nebel den Schall reflectiren könnten [5]). So ganz unmöglich scheint mir diese Reflexion nicht zu seyn, obgleich ich keinesweges geneigt bin, das Rollen allein aus dieser Ursache abzuleiten. Vergleichen wir die analogen optischen Phänomene, so sehen wir, daß stets dort eine Reflexion des Lichtes erfolgt, wo das Brechungs- und Zerstreuungsvermögen des durchsichtigen Mittels sich ändert, und so könnte auch an der Oberfläche der Wolke, wo der Schallstrahl (sit venia verbi) in ein anderes Mittel übergeht, sehr wohl ein Echo gebildet werden. Einige Thatsachen, welche die Mitglieder der Pariser Academie bei ihren Versuchen über die Geschwindigkeit des Schalles bemerkten, scheinen für eine solche Einwirkung der Wolken zu sprechen. Wenn sich nämlich zwischen beiden Stationen Wolken befanden, so wurden diese Schüsse mit einem Rollen, wie vom Donner, gehört, was nicht bemerkt wurde, wenn der Himmel heiter war [6]).

Es scheint mir naturgemäßer, das Rollen aus der Beschaffenheit des Blitzes abzuleiten, und in dieser Hinsicht haben sich besonders Brandes, Raschig und Helvig bemüht, das Phänomen zu erklären. Brandes wurde vorzüglich durch Bellani's Bemerkung in seiner Abhandlung über den Hagel [7]), daß man beim Donner den ersten Knall, welcher durch den die Wolken zertheilenden Blitz bewirkt wird, von dem Rollen des Donners unterscheide, zu der Hypothese geführt, daß das Rollen von wiederholten Explosionen herrühre. Das Rollen komme vorzüglich

4) Bergmann Phys. Beschr. der Erdk. II, 73. §. 129. Gehler's Wörterb. Art. Donner (Alte Ausgabe).

5) Gren Journal IV, 207.

6) Ann. de chimie XX, 210.

7) Brugnatelli Giornale di fisica 1818.

von den aufwärts oder seitwärts in die Wolken fahrenden Blitzen her, während der in die Erde einschlagende Blitz mit einem kurzen Knall oder einem knitternden Laute verbunden sey. Läge nun der Ort jeder Explosion bei einem herabfahrenden Blitze dem Orte des Beobachters näher, so gelange der durch die erste Explosion bewirkte Schall, welcher langsamer als der erregte Blitz fortgeht, gleichzeitig mit dem durch die letzte Explosion bewirkten Schalle ins Ohr, dieser sey daher kurz und ohne einen Nachhall. Wenn dagegen der Blitz zwischen Wolken aufwärts oder seitwärts geht, so gelangen die in größerer Entfernung entstehenden Donner später in unser Ohr, und ein Blitz, dessen ganze Wirkung vielleicht nur eine Secunde dauert, aber sich vielleicht durch eine Strecke von 6000′ in gerader Linie bewegt, müßte einen 7 Secunden dauernden Schall geben [8]). Diese Hypothese, wonach das längere Anhalten des Donners aus der Zeit hergeleitet wird, welche der Schall gebraucht, um sich durch einen gegebenen Raum zu bewegen, hat Vieles für sich und wurde auch schon von Bergmann angegeben [9]).

Die Zickzackform des Blitzes, auf welche Helvig aufmerksam machte, scheint hiebei ebenfalls eine Rolle zu spielen. Bei näherer Aufmerksamkeit sah er bei einem Gewitter den Blitz mit vier Absprüngen seine Bahn nach der Erde durchlaufen und hörte ganz bestimmt eben so viele Donnerschläge, doch nicht alle von gleicher Stärke [10]). Offenbar muß auch hier der Schall zu verschiedenen Zeiten ins Ohr gelangen, und da wahrscheinlich der hervorgebrachte Ton an den Ecken wegen größerer Compression der Luft am stärksten ist, so ergiebt sich nach ihm daraus die ungleiche Stärke zu verschiedenen Zeiten. Beiden Hypothesen ähnlich sind auch die Bemerkungen von Raschig [11]), welcher neben der ungleichen Entfernung noch die Beschaffenheit des Mittels, in welchem der Schall entsteht, berücksichtigt.

Wie es bei Phänomenen, die sich unter den verschiedenartigsten Umständen zeigen, so häufig trifft, so wirken hier gewiß alle

---

8) Brandes Beiträge S. 351.

9) Phys. Beschr. d. Erdk. II, 73. §. 129.

10) Gilbert's Annalen LI, 139.

11) Ebend. XXIII, 226.

erwähnten Umstände, sowohl das Echo als die ungleiche Entfernung der schallenden Theile dahin, dieses Rollen zu erzeugen. Um aber den Wechsel der Stärke, dieses secundenlange Pausiren und darauf sehr heftig erfolgende neue Beginnen zu erklären, müssen wir noch einen andern Umstand berücksichtigen, auf welchen meines Wissens noch Niemand aufmerksam gemacht hat, dieses ist die Interferenz der Schallwellen [12]). Eben so wie bei jedem andern Schalle, dauert auch hier die Undulationsbewegung der Luft noch einige Zeit fort, nachdem die Ursache verschwunden ist. Ein jeder Punkt, welchen der Blitz auf seinem Wege trifft, wird Mittelpunkt eines Wellensystems, wir wollen indessen der Einfachheit halber annehmen, solche Punkte seyen nur die Ecken des Zickzackes, an denen der Schall erzeugt werde. Der Donner kommt zuerst von dem zunächst liegenden Punkte des Blitzes ins Ohr; dauert die Undulationsbewegung noch fort, so kommen die Wellen von einem zweiten Punkte an; treffen ähnliche Theile beider Wellen zusammen, so wird der Schall bedeutend verstärkt: ist dieses nicht der Fall, so kann der Donner an Stärke abnehmen, ja wohl einen Moment pausiren und dann mit neuer Heftigkeit anfangen, wenn die Wellen von einem oder mehreren Schallsystemen ankommen, bei denen ähnliche Theile der Wellen zusammenfallen.

Ich halte es kaum für möglich, daß sich viele hiebei vorkommende Umstände auf eine andere Art erklären lassen. Wollten wir z. B. blos von der ungleichen Entfernung der schallenden Punkte ausgehen, so müßte der Donner mit dem Maximo seiner Stärke anfangen, da wir ihn zuerst von dem zunächst liegenden Punkte hören und dieser Schall also wegen geringerer Entfernung am stärksten ist, oder es müßte wegen gegenseitiger Verstärkung der Donner schwach anfangen, dann allmählig an Stärke gewinnen, ein Maximum erreichen und nun wieder abnehmen. Das eigentliche Rollen würde nur unter günstigen Umständen Statt finden. Wir sehen hieraus zugleich, weshalb etwas entfernte Gewitter dieses Rollen weit auffallender zeigen, als diejenigen, welche in der Nähe des Beobachtungsortes einschlagen. Es ist

12) Ueber Interferenz der Schallwellen s. Baumgartner Naturlehre, 3te Aufl. S. 245. Weber in Schweigger's Jahrb. N. R. XVIII, 385.

eine durch die Erfahrung von Fresnel hinreichend erwiesene Thatsache, daß die Interferenz der Lichtwellen nur dann vorzüglich lebhaft erfolgt, wenn die Halbmesser der Wellen spitze Winkel einschließen, und dasselbe findet bei den Schall- und allen übrigen Wellen Statt. Nehmen wir nun an, der Blitz fahre vertical durch eine Länge von 2000′ herab und der Beobachter befinde sich 10000′ entfernt von dem Punkte des Einschlagens, so beträgt der Winkel, den die vom Beobachter nach den beiden äußersten Punkten gezogenen Linien einschließen, nahe 11°; wäre dagegen der Beobachter nur 2000′ entfernt, so würde dieser bis 45° steigen. In jenem Falle ist also schon weit leichter Interferenz der beiden äußersten Schallsysteme möglich, als in diesem, und dasselbe gilt von allen einzelnen Systemen, deren Mittelpunkte zwischen den beiden äußersten liegen. Sollte einst Lichtenberg's Vorschlag, den Donner auf Noten zu setzen [13]), ausgeführt und dabei zugleich auf die jedesmalige Gestalt des Blitzes Rücksicht genommen werden, so würde sich die Wahrheit des Gesagten beweisen lassen; so viel geht aus meiner Hypothese hervor, daß ein Jeder seinen eigenen Donner hören muß, was schon Lichtenberg vermuthete und was hinreichend dadurch bestätigt wird, daß ein entfernter Donner ganz anders klingt, als ein naher.

Wenn der Blitz sich gegen die Oberfläche der Erde bewegt, so folgt er wie jeder electrische Funke stets den bessern Leitern, er verläßt wohl die schlechtern, um den bessern zu folgen, und stets bewegt er sich auf dem kürzesten und leichtesten Wege gegen den Boden. Es kommt auf das Leitungsvermögen der neben einander befindlichen Körper an, auf welchen von ihnen sich der Blitz zur Erde bewegt. Zwar wird schon von den Alten erzählt, daß der Blitz in manche Bäume nicht einschlage, und auch die Förster wollen bemerkt haben, daß manche Bäume nicht getroffen werden; so lange jedoch nicht die Umstände bei der Erscheinung näher angegeben werden und die Thatsache selbst durch unbefangenes Beobachten erwiesen wird, möge es erlaubt seyn, Erzählungen dieser Art zu bezweifeln und in das Gebiet der Jagdgeschichten zu verweisen.

---

13) Lichtenberg's Werke VI, 478.

Metalle als die besten Leiter sind diejenigen Körper, denen der Blitz vorzugsweise folgt, jedoch kann es auch geschehen, daß er von einem Metalle abspringt und sich durch einen schlechtern Leiter bewegt, wenn er auf diesem schneller zur Erde gelangt. Ist der metallische Leiter nicht hinreichend stark, so wird er meistens geschmolzen oder oxydirt. Nächst den Metallen trifft der Blitz alle feuchten Gegenstände, und da kann es sich wohl ereignen, daß auch Menschen und Thiere von ihm erreicht und getödtet oder betäubt werden. Es scheint im ersten Falle das Nervensystem so stark erschüttert zu werden, daß der Tod im Momente erfolgt; wie wenigstens daraus hervorzugehen scheint, daß die vom Blitze erschlagenen Personen häufig unverändert in derselben Lage gefunden werden, welche sie kurz vorher im Leben hatten. Reimarus [14]) führt mehrere solche Fälle an, einen z. B., wo zwei vom Blitze Erschlagene, die an eine Hecke, unter der sie Schutz gesucht, angelehnt waren, in ihrer frühern unverändert gebliebenen Lage selbst mit offenen Augen angetroffen wurden, der eine mit einem Stück Brot, das er einem auf seinem Schooße liegenden und ebenfalls erschlagenen Hunde reichen wollte; eben so wurde eine Frau, die an einem Heuhaufen sitzend vom Blitze erschlagen war, so wenig verändert getroffen, daß sie noch wie lebend aussah.

Trifft der Blitz auf seiner Bahn schlechte Leiter, so durchbricht er sie, schleudert sie umher und übt dabei oft eine ungeheure mechanische Gewalt aus. So verschob der Blitz in einem Hause unweit Manchester am 6ten August 1809 eine Mauer zwischen einem Keller und einer Cisterne, die 3 englische Fuß dick und 12 Fuß hoch war, dergestalt, daß der weggeschobene Theil an einer Seite 4 Fuß, an der andern 9 Fuß aus seiner Lage entfernt war, wobei die hölzernen Verbindungsstücke ganz zerbrochen waren. Der fortgeschobene Theil enthielt 7000 Backsteine und wog etwa 52000 Pfund [15]); um aber den ganzen mechanischen Effect zu berechnen, müßte noch die Größe der Cohäsion dieser Theile bekannt seyn. Ein anderes Beispiel von der ungeheuern

14) Reimarus neuere Bemerkungen vom Blitze S. 119 fg.

15) Manch. Mém. II,2 bei Pfaff in Gehler's Wörterbuch I, 1030.

mechanischen Wirkung des Blitzes erzählt Muncke [16]). Ein Eichbaum, welcher über den Wurzeln einen Durchmesser von drei Fuß hatte und ganz gesund gewesen zu seyn schien, wurde vom Blitze getroffen. Eine Krone von drei nahe ein gleichseitiges Dreieck bildenden Aesten, welche am Stamme einen Durchmesser von 1,5 bis 2 Fuß hatten, wurde so abgebrochen, daß sie vertical herabfielen und mit Erhaltung der Rinde das Ansehen hatten, als wären sie durch ein sehr stumpfes Beil mit einem einzigen Hiebe getrennt worden. Der Stamm war so zerstört, daß er fast ganz verschwunden war. Der Blitz hatte ihn seiner Rinde so gänzlich beraubt, daß Muncke nirgend nur ein einziges Stück mit derselben bekleidet finden konnte. Sie war in sehr kleine Stücke zerrissen und weit umhergeschleudert. Eben so war der Stamm durch den Blitz in eine Menge Stücke von ungleicher Größe zerrissen, und auch diese waren weit zerstreut, einige von letztern zeichneten sich durch viele, vielleicht an hundert Fasern aus, welche wie Seile von 1 bis 2 Linien Queerschnitt durch den Blitz gleichsam herausgedreht oder wie mit einem Hohlmeisel in der Länge von etlichen Fußen bis auf wenige Zoll aus der Masse gleichsam herausgestochen, an kleinen Fasern oder mit den Enden fest hingen. Nirgend zeigte sich die mindeste Spur von Zündung oder Verkohlung. Auffallend dabei war es, daß die Menge der zerstreuten Stammstücke viel kleiner war, als man nach der Größe des ganz gesunden Baumes hätte erwarten sollen; es war wenig wahrscheinlich, daß ein Theil des Holzes schon fortgetragen worden sey. Dieses Holz mußte daher auf eine Art verschwunden seyn, welche noch nicht bekannt ist, und Muncke fügt noch eine Thatsache hinzu, welche er von dem Mechanicus Schubarth in Marburg gehört hatte, daß einst auf dem Schlosse daselbst ein Sparren durch den Blitzstrahl ohne Zündung gänzlich zerstört und völlig verschwunden sey.

Wenn der Blitz auf seinem Wege brennbare Körper trifft, so werden diese häufig entzündet, besonders geschieht dieses mit Strohdächern oft in ihrer ganzen Ausdehnung, zu andern Zeiten werden die Körper nur oberflächlich verkohlt, oder wie in dem oben erzählten Falle zersplittert. Solche Schläge, welche nicht

16) Poggendorff's Ann. VIII, 37.

zünden, nennt man im gemeinen Leben kalte, im Gegensatze der heißen, von einer Entzündung begleiteten. Vielleicht ist bei den kalten die Heftigkeit der Explosion zu groß, und der starke Luftdruck tödtet sogleich das eben entstandene Feuer. Diese Vermuthung wird dadurch bestätigt, daß ein heftiger electrischer Schlag bei unsern Maschinen Schießpulver umherschleudert, ein weniger heftiger es zündet. Uebrigens versteht es sich von selbst, daß eine durch den Blitz erzeugte Feuersbrunst eben so wie jede andere gelöscht werden kann, nur durch den häufig Statt findenden heftigen Wind wird diese Arbeit erschwert.

So geschieht denn allerdings zuweilen durch das Gewitter ein Unglück, es wird ein Haus angezündet oder ein Mensch erschlagen. Beides ereignet sich in den meisten Gegenden nur selten. In Göttingen sind nach Lichtenberg in einem halben Jahrhundert und darüber nur drei Menschen vom Blitze getödtet worden, und noch dazu nur bei zwei Schlägen [17]), und in Halle wurde vom 25sten August 1609 und darauf erst wieder am 27sten September 1825 ein Mensch durch den Blitz erschlagen [18]). Woher nun bei einem so unbedeutenden Unglücke die ungeheure Furcht vor Gewittern? Die Wahrscheinlichkeit, daß Jemand erschlagen werde, ist sehr gering. Zwar empfinden manche Leute Schwindel und Uebelkeiten, wenn sich ein Gewitter naht, sie sagen, wenn sie sich gelehrt ausdrücken wollen, ihr Nervensystem werde durch die Electricität zu sehr gereizt. Ich glaube aber, dieser Reiz entsteht auf dieselbe Art, wie mancher tapfere Kriegsheld jedesmal Bauchgrimmen bekommt und das Bette hüten muß, wenn er den ersten Kanonenblitz sieht. Diese übermäßige Gewitterfurcht, eine Geisteskrankheit, von welcher nicht allein Janhagel, sondern auch die sogenannten Gebildeten befallen werden, hat ihren Grund, nach Lichtenberg's richtiger Bemerkung [19]), zum Theil da, wo noch so mancher andere Grund von unserm Elend liegt, in der Erziehung. Horch! Der liebe Gott zürnt, sagt man den Kindern, wenn es donnert; aber nicht: Siehe! Er zürnt,

17) Lichtenberg's Schriften V, 201.

18) Nach den Berichten des die Geschichte von Halle genau kennenden Inspector Bullmann in Schweigger's Jahrb. N. R. XXI, 4.

19) Lichtenberg's Schriften V, 205.

wenn man ihre kleinen Mitbrüder bei einer Pocken-Epidemie zu halben Dutzenden an einem Tage zu Grabe trägt. Und diese Furcht, welche dem Kinde fast mit der Muttermilch eingeimpft wird, findet dann in Schulen und Kirchen reichliche Ausbildung. Geistliche, welche die Größe Gottes nicht kennen, welche von der Natur und ihren Wirkungen nicht den geringsten Begriff haben, welchen es sehr daran liegt, Unwissenheit und Dummheit in ihrer Gemeinde zu erhalten, welche nicht Lehrer, sondern Verderber der ihnen anvertrauten Heerde sind, stellen die Gewitter als Strafgerichte Gottes dar, vergessen, daß der Herr, nach dem Ausspruche des Propheten, nicht in Donnerwettern lebt.

Doch wir wollen hier diesen Gegenstand nicht länger verfolgen, seine Quellen liegen zum Theil zu tief in den Einrichtungen der Schulen verborgen, als daß es sich der Mühe lohnte, sie wenigstens hier aufzudecken. Es giebt aber ein von Franklin vorgeschlagenes Mittel, die Wirkungen des Blitzes auf die Gebäude unschädlich zu machen, es sind dieses die Blitzableiter. Hinreichend starke Stangen von Eisen oder einem andern Metalle werden auf der Spitze des Daches und an hervorragenden Stellen des Gebäudes durch hölzerne Pflöcke befestigt, dann in stetiger leitender Verbindung in den Boden, am besten in eine Wassersammlung geleitet. Wenn dann der Blitz das Gebäude trifft, so folgt er vorzugsweise dem bessern Leiter und geht unschädlich in den Boden. Alle Blitzableiter, deren Nutzen sich in vielen Fällen bewährt hat, sind auf diese Art eingerichtet; es würde hier jedoch zu weit führen, sollte ich das Technische des Gegenstandes näher erörtern, und ich verweise deshalb auf den Artikel Blitzableiter in der neuen Ausgabe von Gehler's physikalischem Wörterbuche, wo die wichtigsten Punkte mit der Angabe der Literatur abgehandelt sind.

Wenn der Blitz irgendwo eingeschlagen hat, so bemerkt man in der Nähe meistens einen eigenthümlichen Geruch, unstreitig von derselben Art, wie wir ihn bei unsern Electrisirmaschinen wahrnehmen. Häufig wird derselbe für schwefelartig ausgegeben. Nur wenige Physiker, die verschiedene Gerüche wohl zu unterscheiden wußten, haben denselben wahrgenommen. Dalibart behauptet, er habe bei seinen Versuchen über die Electricität der

Gewitter einen solchen Geruch bemerkt [20]). Auch de Romas erwähnt bei Erzählung seiner Versuche mit dem electrischen Drachen „einen Geruch, in welchem der Schwefel vorherrschend war, „welcher aber meiner Ansicht nach derselbe war, den der electrische Funke hat, welcher von einer Kugel zu einer Stange überspringt, nur mit dem Unterschiede, daß er ein wenig stärker „war." [21]). Raschig, in dessen Nähe ein Blitz einschlug, erwähnt nichts von diesem Geruche [22]); dagegen sagt Jungnitz, welcher einen Blitz in das Collegiengebäude zu Breslau einschlagen und sich weit ausbreiten sah: „es verbreitete sich ein dampfartiger „Qualm und ein brandartiger Geruch, wie von Holzbränden, „wenn z. B. Holz auf Holz gerieben verkohlt wird. Derselbe Geruch war durch das ganze Collegiumsgebäude merklich; von „einem Schwefelgeruch war aber keine Spur wahrnehmbar" [23]).

Indem der Blitz bei seiner Bewegung den guten Leitern folgt, sucht er endlich den Boden zu erreichen. Die häufig aufgeworfene Frage, ob er in das Innere dringe, oder ob er nur auf der Oberfläche bleibe, läßt sich nicht allgemein beantworten, indem dabei Alles auf das Leitungsvermögen der an der Oberfläche und in einiger Tiefe befindlichen Körper ankommt. Ist der Boden durch den vorhergehenden Regen angefeuchtet und in einen guten Leiter verwandelt, dann wird er wahrscheinlich auf der Oberfläche bleiben und sich mit der entgegengesetzten Electricität neutralisiren. Ist dieses jedoch nicht der Fall, befindet sich vielleicht unter dem schlecht leitenden Boden ein besserer Leiter, dann kann der Blitz eben so in die Tiefe dringen, als ein electrischer Funke bei unsern Maschinen durch eine Glastafel geht.

Wenn der Blitz in die Tiefe dringt, so verändert und schmilzt er die Körper, durch welche er hindurch schlägt, eben so wie wir dieses im Kleinen bei sehr starken Electricitätsmaschinen sehen. Namentlich sehen wir dieses beim Quarzsande, in welchem häufig

---

20) Franklin's Werke I, 166.

21) Mém. présentés II, 403.

22) Gilbert's Annalen XXXI, 204.

23) Verhandlungen der Gesellschaft zur Beförderung der Naturkunde und Industrie Schlesiens 1806. Bd. I. Heft 1 citirt von Pfaff in Gehler's Wörterb. I, 1081.

der Weg des Blitzes durch röhrenförmig geschmolzene Massen angezeigt wird; solche geschmolzene Massen heißen Blitzröhren. Schon Whitering erzählt einen Fall, in welchem die Entstehung solcher Massen durch den Blitz erwiesen wird [24]). Der Blitz schlug in einen Eichbaum, tödtete einen darunter stehenden Menschen und fuhr an dessen Stock in die Erde. Als man späterhin an dieser Stelle nachgrub, so fand man zwölf Zoll unter der Oberfläche drei Stücke geschmolzenen reinen Quarzsandes, wovon zwei röhrenförmig und inwendig verglaset, ja sogar bis zum Herabfließen eines Theiles der Masse geschmolzen waren.

Als Henzen diese Bildungen in den Sandhügeln der Senner Heide in Westphalen gefunden [25]) und nebst Blumenbach für Producte eines Blitzschlages erklärt hatte [26]), wurden die Physiker auf sie aufmerksamer. Namentlich bemühte sich Fiedler, ihre Beschaffenheit und die Verhältnisse, unter denen sie vorkommen, genauer zu ergründen [27]). Meistens bestehen die Blitzröhren aus ungleich langen und ungleich weiten, nach unten stark verengerten und endlich ganz spitz zulaufenden, zum Theil gekrümmten und mit mehr oder weniger Nebenästen versehenen Röhren, welche inwendig völlig verglaset, nach außen blos zusammengesintert, zuletzt mit angeklebten, eine sehr rauhe Oberfläche bildenden Sandkörnern überzogen sind und eine schwärzliche oder perlgraue, zuweilen eine röthliche, in den verglaseten Theilen auch eine grünliche Farbe haben. Ihr Durchmesser beträgt $\frac{3}{4}$ bis 20 pariser Linien, die Dicke der Wände $\frac{1}{4}$ bis 11 Linien, die Länge aber mag 20 bis 35 Fuß und darüber betragen, mit Seitenästen von 1 Zoll bis 1 Fuß Länge. Eine der größten, aus den einzelnen zerbrochenen Stücken in natürlicher Richtung bis zu einer Länge von 14$\frac{1}{2}$ Fuß zusammengesetzte Blitzröhre ist von

---

24) Phil. Trans. LXXX, 193, daraus Reimarus neuere Bemerkungen S. 19. S. den Art. *Blitzröhren* in Gehler's Wörterbuch und Gottl. Ribbentrop über die Blitzröhren oder Fulguriten und besonders über das Vorkommen derselben am Regensteine bei Blankenburg. 8 Braunschweig 1830.

25) Voigt Magazin X, 491.

26) Das. XI, 363.

27) Gilbert's Annalen LV, 121. LXXI, 301.

Fiedler im Dresdener Cabinette aufgestellt worden [28]). Alle Blitzröhren mit starken Seitenwänden haben nach den Erfahrungen von Fiedler stets eine zackige, knorrige Außenseite und sind in ihrer natürlichen Lage durch Queersprünge in Stücke, welche aufs genaueste auf einander passen, von $\frac{1}{4}$ Zoll bis zu einigen Zollen Länge zersprungen, wie es nothwendig geschehen mußte, da die geschmolzene glasige Masse, durch den sie dicht umschließenden feuchten Sand, schnell erkaltete. Wenn man ein Stück einer solchen Röhre erst so weit frei gemacht hat, daß sie noch, wie von einer Wand herablaufend, sich im Sande im Profil zeigt, so erscheint sie im völligen Zusammenhange; es trennen sich dann aber bei der leisesten Berührung die genau auf einander stehenden Stücke. Blitzröhren, welche in ihrer ganzen Länge nur dünne Seitenwände haben, zeigen stets eine gerundetere Außenfläche und eine rundere innere Höhlung; da also dann fast nur eine einzige Schicht Sand verschmolzen war, so sind in ihnen Queersprünge zwar auch vorhanden, aber nicht so häufig [29]). Auffallend aber ist es, daß alle Blitzröhren, welche man bis zu bedeutender Tiefe verfolgt hat, auf Wasseransammlungen zu führen scheinen: so wurde der Sand bei einer von Fiedler ausgegrabenen großen Blitzröhre fast naß, so daß er beinahe langsam von der Schaufel floß, eben so in der Bantelge im Münsterschen und bei Blankenburg; bei einer andern in Schlesien aufgegrabenen ging man 6 Ellen in die Tiefe und kam dann zu einer Quelle [30]). Wahrscheinlich wird dieses in den meisten Fällen Statt finden, da der Blitz sich zum bessern Leiter bewegt.

Seitdem man auf diese Bildungen aufmerksamer geworden war, hat man sie an verschiedenen Orten gefunden, und Böttiger sucht es wahrscheinlich zu machen, daß bereits die Alten sie gekannt haben [31]). So viel ist gewiß, daß sie der Pastor Hermann zu Massel in der Nähe von Breslau schon im Anfange des 18ten Jahrhunderts kannte und sie Fossile arborescens oder

---

28) Gilbert's Annalen LXXI, 301.

29) Ebend. S. 205.

30) Ebend. S. 339. Anmerk.

31) Ebend. LXXII, 317.

der Weg des Blitzes durch röhrenförmig geschmolzene Massen angezeigt wird; solche geschmolzene Massen heißen Blitzröhren. Schon Whitering erzählt einen Fall, in welchem die Entstehung solcher Massen durch den Blitz erwiesen wird [24]). Der Blitz schlug in einen Eichbaum, tödtete einen darunter stehenden Menschen und fuhr an dessen Stock in die Erde. Als man späterhin an dieser Stelle nachgrub, so fand man zwölf Zoll unter der Oberfläche drei Stücke geschmolzenen reinen Quarzsandes, wovon zwei röhrenförmig und inwendig verglaset, ja sogar bis zum Herabfließen eines Theiles der Masse geschmolzen waren.

Als Henzen diese Bildungen in den Sandhügeln der Senner Heide in Westphalen gefunden [25]) und nebst Blumenbach für Producte eines Blitzschlages erklärt hatte [26]), wurden die Physiker auf sie aufmerksamer. Namentlich bemühte sich Fiedler, ihre Beschaffenheit und die Verhältnisse, unter denen sie vorkommen, genauer zu ergründen [27]). Meistens bestehen die Blitzröhren aus ungleich langen und ungleich weiten, nach unten stark verengerten und endlich ganz spitz zulaufenden, zum Theil gekrümmten und mit mehr oder weniger Nebenästen versehenen Röhren, welche inwendig völlig verglaset, nach außen blos zusammengesintert, zuletzt mit angeklebten, eine sehr rauhe Oberfläche bildenden Sandkörnern überzogen sind und eine schwärzliche oder perlgraue, zuweilen eine röthliche, in den verglaseten Theilen auch eine grünliche Farbe haben. Ihr Durchmesser beträgt $\frac{3}{4}$ bis 20 pariser Linien, die Dicke der Wände $\frac{1}{4}$ bis 11 Linien, die Länge aber mag 20 bis 35 Fuß und darüber betragen, mit Seitenästen von 1 Zoll bis 1 Fuß Länge. Eine der größten, aus den einzelnen zerbrochenen Stücken in natürlicher Richtung bis zu einer Länge von 14$\frac{1}{2}$ Fuß zusammengesetzte Blitzröhre ist von

---

24) Phil. Trans. LXXX, 193, daraus Reimarus neuere Bemerkungen S. 19. S. den Art. *Blitzröhren* in Gehler's Wörterbuch und Gottl. Ribbentrop über die Blitzröhren oder Fulguriten und besonders über das Vorkommen derselben am Regensteine bei Blankenburg. 8 Braunschweig 1830.

25) Voigt Magazin X, 491.

26) Das. XI, 563.

27) Gilbert's Annalen LV, 121. LXXI, 301.

Fiedler im Dresdener Cabinette aufgestellt worden [28]). Alle Blitzröhren mit starken Seitenwänden haben nach den Erfahrungen von Fiedler stets eine zackige, knorrige Außenseite und sind in ihrer natürlichen Lage durch Queersprünge in Stücke, welche aufs genaueste auf einander passen, von $\frac{1}{4}$ Zoll bis zu einigen Zollen Länge zersprungen, wie es nothwendig geschehen mußte, da die geschmolzene glasige Masse, durch den sie dicht umschließenden feuchten Sand, schnell erkaltete. Wenn man ein Stück einer solchen Röhre erst so weit frei gemacht hat, daß sie noch, wie von einer Wand herablaufend, sich im Sande im Profil zeigt, so erscheint sie im völligen Zusammenhange; es trennen sich dann aber bei der leisesten Berührung die genau auf einander stehenden Stücke. Blitzröhren, welche in ihrer ganzen Länge nur dünne Seitenwände haben, zeigen stets eine gerundetere Außenfläche und eine rundere innere Höhlung; da also dann fast nur eine einzige Schicht Sand verschmolzen war, so sind in ihnen Queersprünge zwar auch vorhanden, aber nicht so häufig [29]). Auffallend aber ist es, daß alle Blitzröhren, welche man bis zu bedeutender Tiefe verfolgt hat, auf Wasseransammlungen zu führen scheinen: so wurde der Sand bei einer von Fiedler ausgegrabenen großen Blitzröhre fast naß, so daß er beinahe langsam von der Schaufel floß, eben so in der Bantelge im Münsterschen und bei Blankenburg; bei einer andern in Schlesien aufgegrabenen ging man 6 Ellen in die Tiefe und kam dann zu einer Quelle [30]). Wahrscheinlich wird dieses in den meisten Fällen Statt finden, da der Blitz sich zum bessern Leiter bewegt.

Seitdem man auf diese Bildungen aufmerksamer geworden war, hat man sie an verschiedenen Orten gefunden, und Böttiger sucht es wahrscheinlich zu machen, daß bereits die Alten sie gekannt haben [31]). So viel ist gewiß, daß sie der Pastor Hermann zu Massel in der Nähe von Breslau schon im Anfange des 18ten Jahrhunderts kannte und sie Fossile arborescens oder

28) Gilbert's Annalen LXXI, 301.

29) Ebend. S. 305.

30) Ebend. S. 339. Anmerk.

31) Ebend. LXXII, 317.

Beinbruch nannte [32]). In dem Töplberge wurden sie von dem Winde zuweilen so entblößt, daß sie wie Korallenzinken hervorstanden. Ein Exemplar davon wurde in dem Dresdener Cabinette unter dem Namen Osteocolla maslensis vitrificata aufbewahrt [33]), bis Gilbert in der Folge zeigte, daß es eine Blitzröhre sey. Man hat sie auch gefunden bei Pillau in der Nähe von Königsberg [34]), auf der Rietleber Heide bei Halle [35]), am Regensteine bei Blankenburg [36]), in der Nähe von Dresden [37]), in der Bauerschaft Telge im ehemaligen Bisthume Münster [38]), bei Zankendorf unweit Malaczka in Ungarn [39]), zu Drigg in Cumberland [40]). Eben so hat man sie in Brasilien gefunden, jedoch bilden sie in den sandigen Ebenen von Bahia nicht sowohl hohle Röhren, sondern unregelmäßige und tief gefurchte kantige Stücke, auch sind die Sandkörner viel stärker in einander geschmolzen, so daß der Bruch zusammenhängend und glasartig erscheint, fast wie ein Hyalith, dem sie auch an Farbe und Durchsichtigkeit nahe kommen [41]). Endlich haben sie auch Denham, Clapperton und Oudney in Africa im Thale Dibla am Südrande der Sahara ($17\frac{1}{2}^\circ$ N und $13\frac{1}{2}^\circ$ O von Greenwich) gefunden. Sie sahen hier in dem Sande röhrenförmige, hohle, korallenartige Substanzen, die im Bruche ein glänzendes, glasartiges Ansehen hatten. Einige lagen horizontal, die meisten vertical, und an Größe waren sie sehr verschieden, von einigen Linien bis zu anderthalb Zoll Umfang, von einem Zoll bis zu einem Fuß Länge. Es zeigten sich in der Nähe kleine, runde, halbverglasete Steine, die auf eine ähnliche Art

32) Maslographia oder Beschreibung der schlesischen Massel im Fürstenthume Oels mit seinen Schaumerkwürdigkeiten. Brieg 1711. bei Gilbert's Ann. LXXI, 338.

33) Rivinus Diss. sistens tentamina circa terras medicales. Lips. 1723. bei Gilbert's Ann. LXXI, 337.

34) Gilbert's Annalen LV, 138.

35) Ebend. LV, 138.

36) Ebend. LXI, 245, und besonders Ribbentrop über die Blitzröhren S. 29.

37) Gilbert's Ann. LXVIII, 209. LXXI, 301.

38) Ebend. LXI, 237.

39) Ebend. LXXIV, 214.

40) Ebend. LXXIV, 218.

41) Ebend. LXI, 259.

gebildet zu seyn scheinen und von den Bewohnern gesammelt werden [42]). Der Dr. König, welcher diese Substanzen, die sich nach der Erzählung der Anwohner nach dem Regen bilden, untersuchte, erklärte sie geradezu für Blitzröhren, nur sind die africanischen Massen von homogenerer und reinerer Structur, als die in höhern Breiten, einige derselben durchscheinend und farblos, so daß die röhrenförmigen Stücke wie Stalactiten von kohlensaurem Kalk aussehen. Andere waren hellgrün, hier und da mit weißen Flecken von halbgeschmolzenen Sandkörnern gezeichnet, auch mit einer Oberfläche, die entweder glatt anzufühlen, oder mit schneeweißen, matten, in die verglaste Masse eingedrückten Sandkörnern besetzt war [43]). Zu bemerken ist übrigens, daß auch hier der Blitz sich durch den Sand zu einem bessern Leiter bewegt hatte. Die Reisenden fanden nämlich in diesem Thale kleine, $1\frac{1}{2}$ Fuß tiefe Brunnen, die sich bald wieder füllten, wenn sie ausgeschöpft waren. Das Wasser enthielt etwas kohlensaures Natron und vielleicht wurde durch dieses die Schmelzung des Sandes erleichtert.

Wenn der Blitz in den feuchten Boden dringt und sich zertheilt, so wird die Schmelzung an den einzelnen Stellen, so wie die Stärke des Funkens weniger stark, und daher sind die untern Röhrenstücke dünner als die obern. Daß aber diese Gebilde ihren Ursprung dem Blitze verdanken, geht nicht blos aus der oben mitgetheilten Erfahrung von Whitering hervor, sondern auch spätere Beobachter haben sich davon überzeugt. So erhielt Pfaff eine kleine Blitzröhre von der schleswigschen Insel Amrum. Einige Matrosen sahen hier den Blitz einschlagen, gruben sogleich nach und fanden hier diese 3 Linien im Durchmesser haltende Röhre. Sie war inwendig geschwärzt, und Pfaff wirft dabei die Frage auf, ob dieses vom Eisen oder von einem Bestandtheile des Blitzes selbst herrühre [44]). Dagegen leitet Ribbentrop die von ihm öfter bemerkte schwarze Färbung mit Recht von einem verkohlten Pflanzenkörper her [45]). Auch Hagen grub bei dem Dorfe Rauschen an der samländischen Ostküste an einer Stelle nach, wo der Blitz

42) Denham Narrative p. 30.

43) Das. Appendix p. 250 und Poggendorff's Ann. X, 488.

44) Gilbert's Annalen LXXII, 111.

45) Ribbentrop über Blitzröhren S. 44.

einige Tage vorher eingeschlagen hatte und fand die Blitzröhre [46]. Dasselbe Phänomen wurde auf der Senner Heide in der Nähe von Salzuffeln bemerkt. Der Blitz schlug in ein Kornfeld und unter der Dammerde fand der Schullehrer Fechterling zu Augustdorf den Anfang einer Blitzröhre [47]. Eben so schlug der Blitz in der Nähe eines Schäfers bei Vechelde unweit Braunschweig ein, und einige Tage darauf fand Busch an dem von dem Schäfer bezeichneten Punkte, nachdem er die Erde etwa einen Fuß weggeräumt hatte, mehrere Stücke von Blitzröhren von 1 bis 1½ Zoll Länge [48].

Wird nun durch die eben mitgetheilten Erfahrungen die Wahrscheinlichkeit der Hypothese über die Entstehung dieser Körper durch den Blitz sehr groß, so wird sie durch einen Versuch von Hachette, Savart und Beudant über die künstliche Erzeugung dieser Gebilde zur Gewißheit erhoben. Sie ließen den Schlag einer sehr starken Batterie durch Glaspulver gehen, mit welchem ein Loch in einem Ziegelsteine angefüllt war, und erhielten dadurch Röhren, welche den Blitzröhren völlig ähnlich waren, nur daß die Dimensionen wegen der geringern Stärke der Electricität viel kleiner waren. Bei einem Versuche mit zerstoßenem Glase erhielten sie eine Röhre von 25 Millimeter Länge, deren äußerer, von einem bis zum andern Ende unregelmäßig abnehmender Durchmesser 3 bis ½ Millimeter betrug, und deren innerer Kanal ½ Millimeter im Durchmesser hielt. Bei einem andern Versuche, bei dem das Glas mit etwas Kochsalz gemischt worden, erhielten sie eine Röhre von 30 Millimeter Länge, die auswendig und inwendig ziemlich regelmäßig war. Der äußere Durchmesser betrug im Mittel 4½ Millimeter und der innere 2 Millimeter. Versuche mit gepulvertem Feldspath oder Quarz gelangen nicht, offenbar weil die Electricität nicht hinreichend stark war [49].

Endlich findet man auch auf der Oberfläche des festen Gesteines zuweilen Verglasungen, welche vom Blitze erzeugt zu seyn

46) Gilbert's Annalen LXXIV, 325.

47) R. Brandes in Schweigger's Jahrb. N. R. XIV, 245.

48) Ribbentrop über Blitzröhren S. 27.

49) Aus den Annales de chimie XXXVII, 319 in Poggendorff's Ann. XIII, 117.

scheinen. Dieses beobachtete z. B. H. B. v. Saussure an dem Hornblendeschiefer auf dem Montblanc, und er sah diese Erscheinungen um so unbedenklicher für Folgen von Blitzschlägen an, als ähnliche sich auf Ziegelsteinen zeigen, welche vom Blitze getroffen sind, und er außerdem beim Zersprengen eines Stücks Hornstein durch Entladungschläge einer starken Batterie bemerkt hatte, daß die aus einander gerissenen Flächen mit glasigen, theils zerplatzten offenen, theils ganzen durchsichtigen Bläschen bedeckt waren. Dasselbe fand Ramond am Glimmerschiefer des Montperdu und am Klingsteinporphyr des Roche Sanadoire im Departement Puy de Dôme, und von vorzüglicher Schönheit Humboldt am röthlichen Trachyt-Porphyr der Nevado de Toluca in Mexico in einer Höhe von 14230 Fuß über dem Meere [50]). Auch fanden Greenough und Buckland bei Untersuchung der Blitzröhren bei Drigg in Cumberland, daß eine derselben auf einen Kiesel von Hornstein-Porphyr traf, mit welchem sie verschmolzen war, wobei sich zwei kleine Blättchen olivenfarbiges Glas zeigten [51]).

Noch ist unter den Erscheinungen, welche mit dem Blitze zusammenhängen, der sogenannte Rückschlag zu erwähnen. Man hat bei Gewittern öfter Menschen und Thiere todt niederfallen sehen, obgleich der Schlag in einer großen Entfernung von der Stelle erfolgte, wo sie sich befanden. Den merkwürdigsten Fall dieser Art, welcher viel Aufsehen machte, erzählt Brydone [52]). Am 19ten Julius 1785 zeigten sich nach einem schönen heitern Morgen um 11 Uhr Wolken in SO vom Beobachtungsorte, zwischen Mittag und 1 Uhr mehrere entfernte Blitze, zwischen ihnen und dem Donner lag ein Intervall von 25 bis 30 Secunden. Plötzlich hörte Brydone einen heftigen Knall, als wenn mehrere Flinten schnell hinter einander abgefeuert wurden, ohne daß sich vorher ein Blitz gezeigt hatte. Nicht weit von dem Hause war ein Mensch, Namens Lauder, welcher einen mit Kohlen beladenen Wagen fuhr, mit seinen Pferden erschlagen; sein Begleiter, welcher auf einem zweiten Wagen hinter ihm fuhr,

50) Gilbert's Annalen LXXI, 340.

51) Ebend. LXXIV, 218.

52) Phil. Trans. LXXVII, 61, daraus Cavallo Elect. II, 111. Reimarus neuere Bemerkungen S. 13.

hatte nur den Knall gehört und die Pferde stürzen sehen, dabei bemerkte derselbe keinen Blitz, fühlte auch keine Erschütterung. Mehrere Kohlen waren von dem Wagen umhergeschleudert. Etwa anderthalb Fuß hinter jedem Rade war in der Erde ein Loch von ungefähr 2 Zoll Durchmesser, dessen Mittelpunkt genau in der Radspur lag. Die Erde war um die Löcher aufgewühlt, das Eisen am Rade zum Theil oxydirt. Auch ein Schäfer, welcher sich mehrere hundert Schritte von der Stelle befand, sagte, er habe eben nach den beiden Karren gesehen, da er einen lauten Knall gehört und zugleich gesehen, daß die Pferde des ersten Karrens niedergefallen, er habe aber keinen Blitz oder Feuerschein gesehen, sondern nur, daß Staub von der Stelle aufgeflogen; er fügte hinzu, der Vorfall habe sich nordwestlich von seinem Standpunkte ereignet, während er es nur südöstlich von diesem hatte blitzen sehen. Dabei zeigten sich in der Nähe noch mehrere ähnliche Erscheinungen. Ein Schäfer weidete seine Heerde auf einem nahe gelegenen Felde. Plötzlich sah er ein Lamm todt umfallen, und dabei hatte er eine Empfindung, als ob Feuer über sein Gesicht führe. Dieser Vorfall ereignete sich etwa eine Viertelstunde vor Lauder's Unfall und nicht über 300 Yards von der Stelle, wo dieser getödtet wurde. Eine Frau, welche unweit des Tweed, in dessen Nähe sich die ganze Begebenheit zutrug, Gras mähete, fiel plötzlich zu Boden und rief aus, sie hätte einen heftigen Schlag am Fuße erhalten und wüßte gar nicht, woher er gekommen. Eben so erzählte der Prediger Bell, er sey kurz vor diesem Unfalle in seinen Garten gegangen und habe zu wiederholten Malen ein merkliches Zittern des Bodens bemerkt.

Nicht immer zeigt der Rückschlag so heftige Wirkungen als im vorliegenden Falle. So bekam einst eine Person in dem Augenblicke, wo eine geladene Gewitterwolke in bedeutender Entfernung explodirte, einen electrischen Schlag, da sie von ungefähr mit der Hand einen, nicht in einem Stücke fortlaufenden, metallenen Blitzableiter berührte [53]). Ein ähnlicher Fall ereignete sich in Versailles am 24sten September 1826. In dem Momente, wo das Gewitter in einer eine halbe Lieue entfernten Meierei einschlug,

53) Lord Mahons Grundsätze der Electricität. Aus d. Engl. von Seeger. 8. Leipzig 1789. S. 148. §. 329.

schlug, empfand ein Bewohner der Stadt, welcher neben einer Dachtraufe stand, eine heftige Erschütterung [54]).

Wahrscheinlich gehören hieher auch diejenigen Schläge, welche zugleich an sehr entfernten Orten einschlagen und zünden sollen; es wird jedoch in diesem Falle sehr schwierig, die Identität der Blitze zu constatiren. Einen Fall dieser Art erzählt Buissart [55]).

Die Ursache des Rückschlages muß in der durch Vertheilung hervorgerufener Electricität gesucht werden, aber hiebei können die Körper auf so mannigfaltige Art geordnet seyn, daß es schwer hält, darüber allgemeine Gesetze aufzustellen [56]). Der einfachste von Biot und Arago [57]) betrachtete Fall ist derjenige, wo eine große, stark electrisirte Wolke, deren beide Enden gegen die Oberfläche der Erde herabhängen, letztere durch Vertheilung electrisirt. Wird nun durch irgend einen Umstand eine Entladung an dem einen Ende bewirkt, so stellt sich das Gleichgewicht an der Erde wieder her, die Electricität bewegt sich mit Schnelligkeit auf der Oberfläche von dieser fort, und trifft sie hier schlechte Leiter, so können mehr oder weniger heftige Erschütterungen Statt finden. So war die Oberfläche in dem oben ausführlich erzählten Falle ein schlechter Leiter, indem die beiden Fuhrleute gegenseitig den Wunsch aussprachen, daß es nach der langen Dürre einmal regnen möchte.

Eben so kann es geschehen, daß eine Wolke von einer benachbarten durch Vertheilung electrisirt wird. Dann sind auf der Oberfläche der Erde ebenfalls zwei ungleich electrisirte Gegenden vorhanden. Findet nun eine Entladung zwischen beiden Wolken oder zwischen einer Wolke und der Erde Statt, so bewegt sich die Electricität ebenfalls mit Schnelligkeit über die Erde.

Ehe wir es versuchen, den ganzen Vorgang bei dem Gewitter zu erklären, will ich etwas über die geographische Verbrei-

---

54) Demonferrand in Ann. de chimie XXXIII, 418.

55) Journ. de phys., Octobre 1788 bei Seeger Anm. zu Mahon's Grundsätzen der Electr. S. 153.

56) Außer den Schriften über Gewitter vergl. Lord Mahon Grundsätze der Electricität 8ter bis 11ter Abschnitt.

57) Biot Traité II, 435. Deſſ. Physik von Fechner II, 288. Arago in Ann. de chimie XXXIII, 418.

tung dieser Phänomene und ihre Häufigkeit im Laufe des Jahres mittheilen. Nirgends auf der Erde sind die Gewitter so häufig als in niedern Breiten während der nassen Jahreszeit; fast täglich zeigen sie sich hier [58]). Nachdem der Himmel am Morgen heiter gewesen war, bedeckt er sich um Mittag schnell mit Wolken, die Electricität der niedern Regionen der Atmosphäre ist während dieser Wolkenbildung weit stärker als in höhern Breiten [59]). Die Blitze zeigen sich endlich, sie folgen weit schneller, scheinen weit heller als in unsern Gegenden, und der Donner rollt fürchterlich. Man kann sich in unsern Breiten keinen Begriff von der Heftigkeit eines solchen Gewitters machen [60]), namentlich sind diese Gewitter in der Region der Calmen zwischen beiden Passaten sehr häufig, ja fast täglich, so daß man diesen Gürtel auch die Region der ewigen Gewitter nennen könnte.

Diese Gewitter zwischen den Wendekreisen haben häufig den spanischen Namen Tornados oder Trovados [61]); auf den Antillen, auf Isle de France und in Hindostan heißen sie Orcane (ouragans, hurricanes), in dem chinesischen Meere Typhonen [62]), und diese Benennungen, welche sich eigentlich nur auf die heftigen dabei Statt findenden Winde beziehen, sind auf das ganze Phänomen ausgedehnt worden.

Sehr heftig sind diese Orcane an der Sierra-Leone-Küste im Anfange und am Ende der nassen Jahreszeit, also zu der Zeit, wo der Wechsel der Moussons Statt findet. Schon Winterbottom bemerkt [63]), daß sie die größte Aehnlichkeit mit unsern Gewittern hätten, und deshalb schloß ich sie bei Betrachtung der Winde gänzlich aus. In der erwähnten Gegend halten die heftigen Orcane selten länger als 20 Minuten oder eine halbe Stunde an, was auch schon Dampier bemerkt [64]); die Scene, welche

58) Humboldt Voyage VII, 426.
59) Ibid. XI, 22.
60) Lund in Tidsskrift for Naturvidenskaberne V, 102. Eschwege Brasilien, die neue Welt, II, 20.
61) Dampier Traité des vents p. 10.
62) Ibid. p. 68.
63) Winterbottom Nachrichten von der Sierra-Leone-Küste S. 36 fg. Golberry Fragmens II, 486.
64) Dampier Traite des vents p. 51.

sie darstellen, gehört nach Winterbottom zu den erhabensten aber auch furchtbarsten in der Natur. Der Wind kommt so ganz unerwartet und raset mit einer solchen Wuth, daß dadurch häufig die Schiffe in die größte Gefahr gerathen. So erhob sich, nach der Erzählung von Dampier, auf der Insel Antigua (Antillen) im August 1681 um 8 Uhr Abends ein heftiger Orcan, welcher bis zum folgenden Morgen um 4 Uhr anhielt. Der Capitän Badbury, welcher die Ankunft des Orcanes vermuthet hatte, war mit seinen Leuten ans Land gestiegen und schickte diese bei entstandener Windstille zum Schiffe, dieses aber lag ganz auf der Seite und die Spitze des Mastes steckte im Sande. Bald darauf fing der Orcan aufs Neue an, das Meer stieg dabei ungeheuer, Tonnen aus zerstörten Schiffen wurden nach dem Orcane mehr als eine Viertelmeile weit im Lande gefunden, ein Schiff wurde weit auf das Land in einen Wald getrieben, während ein drittes auf einem frei stehenden Felsen 10 bis 11 Fuß über dem höchsten Stande des Wassers zur Zeit der Fluth ruhte [65]).

Gleichwohl bricht ein solcher Orcan nicht so plötzlich los, daß nicht zuvörderst einige Kennzeichen vorangehen sollten, wodurch man hinlänglich gewarnt wird. Anfänglich läßt sich an der Sierra-Leone-Küste am östlichen Horizonte eine dunkle Wolke sehen, die nach Winterbottom's Ausdrucke nicht größer ist als eine Mannshand, während Golberry bemerkt, daß sich in den höchsten Regionen der Atmosphäre plötzlich eine runde weiße Wolke zeige. Es zucken schwache Blitzstrahlen durch die Luft, welche schnell auf einander folgen, zwischen denselben läßt sich mitunter in weiter Ferne der Donner hören. Die Wolken werden in der erwähnten Himmelsgegend dunkler und schwärzer, ihr Umfang wird immer größer, und es scheint, als ob sie sich auf einander thürmten. Der Donner, welcher anfänglich kaum merklich war, oder sich nur nach langen Pausen wieder hören ließ, kommt allgemach näher, die Schläge folgen öfter auf einander, sein Brüllen wird schrecklich. Das Gewölk wird immer schwärzer und endlich hüllt sich der ganze Himmel in mitternächtliches Dunkel, das mit der Helligkeit, welche noch am westlichen Himmel vorhanden ist, einen schauderhaften Contrast bildet. Unmittelbar zuvor, ehe

65) Dampier Traité des vents p. 66.

der Orcan losbricht, weht entweder ein ganz gelindes, kaum bemerkbares Lüftchen aus Westen, oder, was noch öfter zu geschehen pflegt, die Luft ist vollkommen ruhig und es herrscht überall eine ungewöhnliche Stille, zuweilen kleine schwache Wirbelwinde. Menschen und Thiere suchen sich dann zu verbergen, alles ist voll banger Erwartung, und im nämlichen Momente stürzt der Sturm mit allen seinen Schrecknissen aus den Wolken herab.

Zur See kündigt der Tornado seine Annäherung durch dieselben Kennzeichen an, wie zu Lande, nur mit dem Unterschiede, daß er auf diesem unsteten Elemente eine weit erhabenere und schreckenvollere Scene darstellt. Wenn man diese Naturscenen einige Male mit angesehen hat, und nun nicht mehr, wie das erste Mal befürchtet, mit jedem Augenblicke vernichtet zu werden, so lassen sich dieselben allerdings mit Vergnügen betrachten. Wenige Minuten zuvor, ehe der Sturm das Schiff erreicht, wird die See mit einem weißen Schaume bedeckt, der von der schnellen Annäherung des Windes zeugt, welcher die Oberfläche des Meeres mit größter Wuth vor sich herpeitscht. Die See verliert ihr spiegelglattes Ansehen und thürmt sich in den ungestümsten Wogen empor. Wenn es während oder nach einem solchen Sturme zur See nicht regnet, so nennt man denselben einen weißen Tornado, und dieser ist meistens heftiger, als wenn er von Regen begleitet ist.

Mit diesen Bemerkungen, welche ich nach Winterbottom gegeben habe, stimmen auch die Nachrichten von andern Reisenden mehr oder weniger überein. Aber so heftig diese Orcane auch sind, so verbreiten sie sich doch selten über einen großen Raum. In der Campechebai wehte im Jahre 1676 ein Orcan, welcher besonders auf der Insel Trist sehr heftig war, aber in einer Entfernung von 30 Lieues gar nicht mehr bemerkt wurde [66]), und ganz dasselbe erzählt Forrest von Isle de France [67]).

Eine Thatsache, auf welche Winterbottom aufmerksam gemacht hat und welche mit der Entstehungsart dieser Stürme im innigen Zusammenhange steht, ist die schnelle Depression der Temperatur. Wenn der Sturm im Anzuge begriffen ist, so ist es

66) Dampier Traité des vents p. 63.

67) Forrest on monsoons p. 122.

gar nichts seltenes, daß das Thermometer in kurzer Zeit um 8 bis 10° F. sinkt.

Wie es bei den Niederschlägen in der nassen Jahreszeit überhaupt der Fall ist, so treten auch diese Gewitter vorzugsweise zur Zeit der größten Tageswärme ein, eben so wie dieses auch in höhern Breiten geschieht. Nur im Innern des Landes kommen zuweilen auch heftige Gewitter während der Nacht vor, wie dieses Caillé auf der Mandingo-Terrasse in Africa [68]), und Eschwege in Brasilien bemerkten [69]). Diese Gewitter aber scheinen vorzüglich heftig zu seyn. „Es ist schwer, sich eine deutliche Idee von dem schauerlich Großen eines nächtlichen, mit Sturm begleiteten Gewitters in einem Urwalde Brasiliens zu machen, und schaudererregend, ihm ohne Obdach ausgesetzt zu seyn. Noch schwerer bleibt die Beschreibung eines solchen Gegenstandes, der Alles in seiner Furchtbarkeit überbietet. Ein Sturm zur See, wenn Segel reißen und Masten brechen, ist wohl wegen des schwankenden Elementes gefahrvoller, doch grausender dieses. Bei jenem sind die Momente die schrecklichsten, wo der Schiffer die dem Sturm sich entgegenstemmenden Gegenstände, Masten und Segel, noch nicht eingezogen und verkleinert und der einwirkenden Gewalt angepaßt hat. Ist dieses Geschäft aber vorüber und glücklich überstanden, so kann man sich auf offener See und in wasserdichten Fahrzeugen sorglos schaukeln lassen. Das Heulen des Windes in den Tauen, das Rasseln und Knarren der Masten und Segelstangen, das Dehnen, Ranken, Winden und Knistern des Schiffsbauches, die an- und überschlagenden Wellen hört man nach einigen Stunden ohne Angst; der Eindruck wird schwächer und schwächer, und selbst der Donner verliert an seiner Furchtbarkeit; er rollt schnell vorüber und man liegt ruhig in der Kajüte. Nicht so ein Sturm und Gewitter, wie ich sie in den brasilischen Wäldern oft erlebte. Immer waren sie mir furchtbar, und selbst den Thieren schien es unheimlich zu Muthe zu seyn, denn auch die kleinsten wurden unruhig, besonders die Frösche. Das Toben des Windes in den Riesenbäumen Brasiliens, das Getöse und Gekrache der umstürzenden, nahe und fern das Abfallen

68) Caillé Voyage à Temboctou an mehrern Stellen.

69) Eschwege Brasilien, die neue Welt, II, 19.

dürrer Aeste, der Strom sich ergießenden Regens, das Geheul wilder Thiere, besonders der Affen, die vielleicht durch einen niederstürzenden Baum aus ihrer Schlafstätte geschleudert, vielleicht auch beschädigt wurden, das unaufhörliche Krachen und Rollen des Donners mit seinen unendlichen Echos, das wunderliche Licht, welches die hellesten Blitze unter dem Dunkel des schwarzen Waldes verbreiteten, dabei die beständige Gefahr, von dürren Aesten oder niederstürzenden Bäumen erschlagen zu werden, alles dieses versetzte mich immer in den unbehaglichsten Zustand." [70])

Diese Gewitter und Orcane zeigen sich besonders an gebirgigen Küsten, und selbst kleine Inseln, wie die Antillen, Isle de France und andere, sind ihren Verwüstungen ausgesetzt. An der Westküste Africa's zeigen sie sich besonders zwischen dem Cap Verga und Cap de Monte, dagegen zwischen dem weißen Vorgebirge und dem Palmen-Cap finden sie nicht Statt [71]). Es ist mir jedoch völlig unmöglich, die Zahl der Gewitter und Orcane in verschiedenen Gegenden zwischen den Wendekreisen anzugeben.

Weiter nördlich werden auf dem hohen Meere in der Region der Passate die Gewitter eben so selten seyn, als die Regen, jedoch bin ich aus Mangel an Beobachtungen nicht im Stande, etwas über ihre Zahl oder über ihre Vertheilung im Laufe des Jahres zu sagen. Letztere anlangend, so scheinen auf Madeira die Gewitter vorzüglich im Winter Statt zu finden, wenigstens erwähnt Heinecken in seinem mehrfach benutzten Tagebuche öfter gewitterreiche Monate, was im Sommer seltener der Fall ist.

Ich will in dem Folgenden die Vertheilung der Gewitter während des Jahres in verschiedenen Gegenden von Europa mittheilen, muß aber im Voraus bemerken, daß ich diese Darstellung für sehr unvollkommen halte. So sehr ich mich auch bemüht habe, die Zahl der Gewitter in verschiedenen Gegenden der Erde zu bestimmen, so ließen mich doch die Quellen, deren ich mich bediente, fast immer im Stiche. In Cotte's Zusammenstellungen fand ich gar nichts, da er von keinem Orte die Zahl der Gewitter anführt, eben so wenig fand ich in den jährlichen Uebersichtstafeln von verschiedenen Orten, welche in den Zeit-

70) Eschwege l. l.

71) Golberry fragmens II, 300.

schriften zerstreut sind. Höchstens wurde hier angeführt, wie viel Gewitter sich im Jahre ereignet hatten, ohne daß die Zahl in den einzelnen Monaten gegeben wurde; aber jene blos jährliche Bestimmung ist von sehr geringem Werthe, da sie höchstens dazu dienen können, um in Verbindung mit einer größern Zahl von Beobachtungen in benachbarten Gegenden die größere oder geringere Häufigkeit dieser Erscheinung in verschiedenen Theilen der Erde zu bestimmen. Mir blieben daher fast nur die Mannheimer Ephemeriden zur Benutzung übrig [72]), so daß ich nicht im Stande bin, die Zahl der Gewitter auch nur an einem einzigen Orte in England anzugeben.

Um die Vertheilung der Gewitter im Laufe des Jahres zu bestimmen, werde ich in den folgenden Tafeln dasselbe Verfahren anwenden, dessen wir uns bei Vergleichung der Regenverhältnisse bedienten; ich werde nämlich die Zahl aller Gewitter während des Jahres mit 100 bezeichnen und die in den einzelnen Jahreszeiten Statt findenden als Procente angeben.

Frankreich und Holland.

Monat	la Rochelle [73])	Middelburg [74])	Brüssel [75])
Januar	1,0	0,0	0,1
Februar	1,2	0,8	0,4
März	0,3	0,5	0,4
April	1,0	0,7	1,2
Mai	1,7	1,8	2,4
Junius	4,0	4,3	4,3
Julius	2,6	4,0	2,2
August	2,3	3,9	2,9
September	2,4	4,0	1,1
October	1,9	0,8	1,0
November	1,2	0,2	0,0
December	1,4	0,3	0,1
Jahr	21,0	21,3	16,1
Winter	17,3	5,5	3,9
Frühling	14,3	14,0	24,8
Sommer	42,3	57,1	58,2
Herbst	26,1	23,4	13,1

72) Diese hat auch Schön in seiner Witterungskunde schon benutzt, aber die Zahl der Gewitter nur während der Sommermonate angegeben.

73) 8jähr. Beob. (1782—89) in den Mannh. Ephemeriden.

74) 6½jähr. Beob. (Jun. 1782—Dec. 1788) in den Mannh. Ephem.

75) 8jähr. Beob. (1782, 1785, 86, 88—92) in den Mannh. Ephem.

Wir sehen hieraus, daß an allen diesen Orten im Winter Gewitter Statt finden, am größten ist die Zahl der Wintergewitter in la Rochelle, kleiner in Middelburg und Brüssel, vielleicht durch Einwirkung des vorliegenden Englands. Nehmen wir das Mittel der Aufzeichnungen an diesen Orten, so ist die jährliche Zahl der Gewitter 19,5, und diese sind folgendermaßen vertheilt:

Winter	8,9	Procent
Frühling	17,7	
Sommer	52,5	
Herbst	20,9	

Aus dem Innern von Frankreich fehlt es mir ganz an Aufzeichnungen, ich wende mich also zu Deutschland.

Deutschland.

Monat	Giengen 76)	Mannheim 77)	Curhaven 78)	Hamburg 79)	Lüneburg 80)	Stuttgart 81)
Januar	0,1	0,2	0,0	0,0	0,1	0,0
Februar	0,0	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2
März	0,2	0,3	0,1	0,5	0,2	0,2
April	1,4	1,3	2,1	1,0	1,2	1,0
Mai	5,0	2,9	1,8	1,4	3,0	4,2
Junius	4,5	4,2	1,5	1,8	4,2	4,6
Julius	4,8	4,3	2,2	2,8	5,4	5,6
August	3,7	4,9	2,1	1,6	4,1	3,4
September	1,8	1,6	0,8	0,7	1,3	0,8
October	0,2	0,5	0,7	0,4	0,3	0,4
November	0,0	0,2	0,1	0,1	0,1	0,0
December	0,2	0,2	0,0	0,1	0,1	0,2
Jahr	21,9	20,8	11,5	10,7	20,2	20,6
Winter	1,4	2,8	0,9	3,8	1,7	2,0
Frühling	30,1	21,9	34,8	27,4	21,8	26,2
Sommer	59,4	64,4	50,4	57,5	68,1	66,0
Herbst	9,1	10,9	13,9	11,3	8,4	5,8

76) 12jähr. Beob. von Binder bei Schübler Meteorol. S. 149.

77) 12jähr. Beob. (1781—92) von Hemmer in den Mannheimer Ephemeriden.

78) 10jähr. Beob. von Woltmann bei Buek Hamburgs Klima und Witterung S. 116.

79) Das.

80) 20jähr. Beob. von Ebeling das.

81) Schübler das.

Monat	Augsburg 82)	München 83)	Peißenberg 84)	Regensburg 85)	Würzburg 86)	Tegernsee 87)
Januar	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Februar	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
März	0,4	0,1	0,1	0,2	0,1	0,0
April	2,0	1,8	1,7	1,1	1,0	1,3
Mai	4,4	3,2	3,7	2,2	2,4	3,1
Junius	4,3	4,5	4,9	4,2	3,4	4,6
Julius	5,3	5,4	5,2	4,0	3,4	5,8
August	4,1	5,9	5,3	4,1	2,6	6,1
September	1,3	1,0	1,8	0,8	0,5	1,8
October	0,0	0,3	0,1	0,1	0,4	0,1
November	0,0	0,2	0,2	0,2	0,0	0,3
December	0,2	0,2	0,1	0,0	0,2	0,1
Jahr	22,3	22,7	23,0	16,9	13,9	23,2
Winter	2,2	1,1	3,5	0,0	1,2	0,5
Frühling	30,5	22,7	23,9	20,7	25,1	19,1
Sommer	61,4	69,9	67,0	72,9	67,4	70,7
Herbst	5,9	6,3	6,6	6,4	6,3	9,7

Monat	Anber 88)	Erfurt 89)	Berlin 90)	Sagan 91)	Prag 92)	Wien 93)
Januar	0,2	0,0	0,1	0,2	0,0	0,2
Februar	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0
März	0,8	0,0	0,2	0,7	0,0	0,1
April	2,2	0,5	1,1	1,7	1,2	0,6
Mai	4,3	1,9	2,4	5,1	3,1	1,1
Junius	5,6	3,2	3,8	5,6	3,4	2,0
Julius	6,1	3,5	4,1	6,9	4,1	2,1
August	6,2	3,4	3,6	6,7	4,9	1,8
September	1,8	1,5	1,3	2,2	0,9	0,2
October	0,3	0,0	0,2	0,1	0,0	0,0
November	0,1	0,0	0,1	0,2	0,0	0,1
December	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1
Jahr	27.1	14,1	17,3	29,3	17,7	8,3
Winter	1,3	0,9	2,2	0,6	0,0	3,6
Frühling	24,3	16,8	21,7	25,6	24,5	21,7
Sommer	66,2	71,7	66,7	65,5	70,4	71,1
Herbst	8,2	10,6	9,4	8,3	5,1	3,6

82) 12jähr. Beob. von Stark bei Schübler Meteor. S. 149.
83) 12jähr. Beob. (1781—92) in den Mannh. Ephemeriden.
84) Ebend.
85) 10jähr. Beob. (1781—82, 84—91) in den Mannh. Ephem.
86) 8jähr. Beob. (1781—88) in den Mannh. Ephemeriden. 5jähr. Beob. (1813—17) von Schön in seiner Witterungskunde konnte ich nicht benutzen, da häufig nur gesagt wird: „viele Gewitter."
87) 9jähr. Beob. (1781—89) in den Mannh. Ephem.
88) 12jähr. Beob. 1781—92) in den Mannh. Ephem.
89) 8jähr. Beob. (1781—88) in den Mannh. Ephem.
90) 120jähr. Beob. mitgetheilt von Gronau in Schweigger's Jahrb. N. R. I, 123.
91) 12jähr. Beob. (1781—92) in den Mannh. Ephem.
92) 10jähr. Beob. (1781—87, 89—91) in den Mannh. Ephem.
93) 20jähr. Beob. von Pilgram in Schübler's Meteor. S. 149.

	Mittel
Januar	0,07
Februar	0,08
März	0,23
April	1,34
Mai	3,07
Junius	3,91
Julius	4,50
August	4,14
September	1,23
October	0,23
November	0,11
December	0,12

Im Durchschnitte finden also an einem Orte in Deutschland jährlich etwa 19 (genauer 19,03) Gewitter Statt, eben so viel als an der Westküste von Europa in ungefähr gleicher Breite; diese Gewitter zeigen sich vorzugsweise im Sommer, geringer ist ihre Zahl im Frühlinge, noch mehr im Herbste und Winter. Nach den einzelnen Jahreszeiten sind sie nämlich auf folgende Art vertheilt:

Winter:	1,4	Procent
Frühling:	24,4	—
Sommer:	66,0	—
Herbst:	8,2	—

Obgleich die ganze Zahl aller im Jahre Statt findenden Gewitter noch nahe eben so groß ist, als an der Westküste von Europa, so hat die Zahl der Winter- und Herbstgewitter abgenommen, während die der Frühlings- und Sommergewitter größer geworden ist. Diese Aenderung wird noch bedeutender, wenn wir ins Innere des alten Continentes gehen. Wir finden hier nämlich folgende Verhältnisse:

Inneres des alten Continentes.

Monat	Ofen[1])	Petersburg[2])	Abo[3])	Moscau[4])	Kasan[5])	Nertschinsk[6])	Irkutsk[7])
Januar	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0	0
Februar	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0	0
März	0,3	0,0	0,0	0,0	0	0	0
April	2,0	0,6	0,0	1,8	0	0,3	0
Mai	4,6	1,4	0,4	3,3	1	0,3	1,0
Junius	7,2	3,6	2,6	7,7	1	1,3	1,0
Julius	6,6	4,0	4,4	6,3	3	0,2	4,5
August	5,1	2,3	2,0	3,1	4	0,5	2,0
Septbr.	2,0	0,2	0,6	0,2	0	0,5	0
October	0,2	0,2	0,0	0,0	0	0	0
Novbr.	0,1	0,1	0,0	0,0	0	0	0
Decbr.	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0	0
Jahr	28,0	12,4	10,0	22,4	9	3,1	8,5
Winter	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Frühling	24,7	16,1	4,2	22,8	11,1	19,4	11,8
Sommer	67,2	79,8	90,0	76,2	88,9	64,5	88,2
Herbst	8,1	4,1	5,8	1,0	0,0	16,1	0,0

Im Herbste und Winter sind hier die Gewitter fast ganz verschwunden, auch ist ihre Zahl, wie es scheint, kleiner als in Deutschland und Frankreich. Da es mir an hinreichenden Beobachtungen fehlt, um das Innere von Rußland und Sibirien in verschiedene Gruppen zu theilen, und in diesen die Verhältnisse einzeln zu untersuchen, so will ich das Mittel aus den obigen Größen nehmen. Dadurch erhalten wir

Winter	0,0	Procent
Frühling	15,7	
Sommer	79,3	
Herbst	5,0	

1) 11jähr. Beob. (1782—92) in den Mannheimer Ephemeriden.

2) 10jähr. Beob. (1783—92) daselbst.

3) 12jähr. Beob. von Leche in den Abh. der Schwed. Akad. XXV, 285.

4) 9jähr. Beob. (1783—89, 91—92) in den Mannh. Ephem.

5) Beob. von Bronner im J. 1814 bei Erdmann Beiträge zur Kenntnifs des Innern von Rufsland I, 177. Diese dort gegebenen Tage, an denen die Gewitter eintraten, sind auf den neuen Styl reducirt. In den Jahren 1815—17 sind keine Gewitter aufgezeichnet.

6) 6jähr. Beob. (1767—72) von Sachert bei Georgi Reise I, 427.

7) 2jähr. Beob. (1771—72) von Wachsmann das. I, 29.

	Mittel
Januar	0,07
Februar	0,08
März	0,23
April	1,34
Mai	3,07
Junius	3,91
Julius	4,50
August	4,14
September	1,23
October	0,23
November	0,11
December	0,12

Im Durchschnitte finden also an einem Orte in Deutschland jährlich etwa 19 (genauer 19,03) Gewitter Statt, eben so viel als an der Westküste von Europa in ungefähr gleicher Breite; diese Gewitter zeigen sich vorzugsweise im Sommer, geringer ist ihre Zahl im Frühlinge, noch mehr im Herbste und Winter. Nach den einzelnen Jahreszeiten sind sie nämlich auf folgende Art vertheilt:

Winter:	1,4	Procent
Frühling:	24,4	—
Sommer:	66,0	—
Herbst:	8,2	—

Obgleich die ganze Zahl aller im Jahre Statt findenden Gewitter noch nahe eben so groß ist, als an der Westküste von Europa, so hat die Zahl der Winter- und Herbstgewitter abgenommen, während die der Frühlings- und Sommergewitter größer geworden ist. Diese Aenderung wird noch bedeutender, wenn wir ins Innere des alten Continentes gehen. Wir finden hier nämlich folgende Verhältnisse:

Inneres des alten Continentes.

Monat	Ofen[1])	Petersburg[2])	Abo[3])	Moscau[4])	Kasan[5])	Nertschinsk[6])	Irkuzk[7])
Januar	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0	0
Februar	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0	0
März	0,3	0,0	0,0	0,0	0	0	0
April	2,0	0,6	0,0	1,8	0	0,3	0
Mai	4,6	1,4	0,4	3,3	1	0,3	1,0
Junius	7,2	3,6	2,6	7,7	1	1,3	1,0
Julius	6,6	4,0	4,4	6,3	3	0,2	4,5
August	5,1	2,3	2,0	3,1	4	0,5	2,0
Septbr.	2,0	0,2	0,6	0,2	0	0,5	0
October	0,2	0,2	0,0	0,0	0	0	0
Novbr.	0,1	0,1	0,0	0,0	0	0	0
Decbr.	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0	0
Jahr	28,0	12,4	10,0	22,4	9	3,1	8,5
Winter	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Frühling	24,7	16,1	4,2	22,8	11,1	19,4	11,8
Sommer	67,2	79,8	90,0	76,2	88,9	64,5	88,2
Herbst	8,1	4,1	5,8	1,0	0,0	16,1	0,0

Im Herbste und Winter sind hier die Gewitter fast ganz verschwunden, auch ist ihre Zahl, wie es scheint, kleiner als in Deutschland und Frankreich. Da es mir an hinreichenden Beobachtungen fehlt, um das Innere von Rußland und Sibirien in verschiedene Gruppen zu theilen, und in diesen die Verhältnisse einzeln zu untersuchen, so will ich das Mittel aus den obigen Größen nehmen. Dadurch erhalten wir

Winter	0,0	Procent
Frühling	15,7	
Sommer	79,3	
Herbst	5,0	

1) 11jähr. Beob. (1782—92) in den Mannheimer Ephemeriden.

2) 10jähr. Beob. (1783—92) daselbst.

3) 12jähr. Beob. von Leche in den Abh. der Schwed. Akad. XXV, 285.

4) 9jähr. Beob. (1783—89, 91—92) in den Mannh. Ephem.

5) Beob. von Bronner im J. 1814 bei Erdmann Beiträge zur Kenntniss des Innern von Russland I, 177. Diese dort gegebenen Tage, an denen die Gewitter eintraten, sind auf den neuen Styl reducirt. In den Jahren 1815—17 sind keine Gewitter aufgezeichnet.

6) 6jähr. Beob. (1767—72) von Sachert bei Georgi Reise I, 427.

7) 2jähr. Beob. (1771—72) von Wachsmann das. I, 29.

Es treten also hier mehr als ½ der ganzen Zahl jährlicher Gewitter im Sommer ein, dabei zeigt sich vor dem Mai und nach dem September nur selten ein Gewitter.

Zeigen uns die bisher mitgetheilten Größen, daß die Gewitter in Frankreich, Deutschland und Rußland vorzugsweise der heißen Jahreszeit angehören, so sehen wir doch eine successive Aenderung der Verhältnisse. Wir finden nämlich in Procenten der jährlichen Gewitterzahl folgende Größen:

	Winter	Frühling	Sommer	Herbst
Frankreich	8,9	17,7	52,5	20,9
Deutschland	1,4	24,4	66,0	8,2
Rußland	0,0	15,7	79,3	5,0

Diese Tafel zeigt uns eine Aenderung der Verhältnisse, welche ganz an diejenige erinnert, die wir früher beim Regen kennen lernten. Eben so wie das Uebergewicht der Sommerregen über die Winterregen mit der Entfernung vom atlantischen Meere zunahm, so sehen wir auch hier die Zahl der Wintergewitter regelmäßig kleiner, die der Sommergewitter regelmäßig größer werden. Diesen Gegensatz zwischen Winter- und Sommerregen, den uns kein Theil von Europa so auffallend zeigte, als Scandinavien, finden wir auch bei den Gewittern wieder.

Scandinavien.

Monat	Bergen [8])	Söndmör [9])	Sydberg [10])	Stockholm [11])	Skara [12])
Januar	1,3	0,2	0,0	0,0	0,1
Februar	1,3	0,2	0,0	0,0	0,0
März	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
April	0,2	0,2	0,0	0,2	0,0
Mai	0,0	0,1	0,7	0,8	0,9
Junius	0,2	0,3	2,7	1,9	2,0
Julius	0,8	0,5	2,3	2,4	3,8
August	1,0	0,1	1,7	3,6	1,9
September	0,5	0,1	0,3	0,7	0,4
October	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0
November	0,4	0,6	0,0	0,0	0,0
December	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0
Jahr	5,8	3,9	7,7	9,3	9,2
Winter	44,8	35,6	0,0	0,0	0,1
Frühling	5,2	8,9	8,7	10,8	10,4
Sommer	34,5	22,2	85,9	81,7	83,5
Herbst	15,5	33,3	4,4	7,5	5,9

So wie in Bergen die Winterregen das Uebergewicht über die Sommerregen hatten [13]), so finden wir sowohl hier als in Söndmör in Bergen's-Stift vorherrschende Wintergewitter, aber noch in Norwegen finden wir tiefer landeinwärts dieselben Verhältnisse, welche wir erst in Rußland erhielten, und Stockholm nebst Skara zeigen uns dasselbe Uebergewicht der Sommergewitter. Ueber diese Wintergewitter an der Westküste von Norwegen, besonders in Bergen's-Stift, haben uns Ström, Arentz und Hertzberg interessante Nachrichten mitgetheilt. Diese Gewitter entstehen eben sowohl nach einem starken Froste, der einige Wochen gedauert hat, als nach langem Thauwetter, milder Luft, starkem Regen und Südwind, in beiden Fällen aber kommen sie

8) 7jähr. Beob. von Bohr im Magazin for Naturvid. 1823 Heft III. und 1826 Heft II. Einzelne Monate, welche fehlen, sind bei Herleitung des Mittels berücksichtigt.

9) 12jähr Beob. von Ström in Skrifter Danske Vidensk. Selsk. XI, 410.

10) 3jähr. Beob. (1784—86) in den Mannh. Ephem.

11) 10jähr. Beob. (1783—92) das.

12) 25jähr. Beob. (1754—78) von Bjerkander in den Abh. der Schwed. Akad. 1775 S. 184, u. 1779 S. 220.

13) Bd. I. S. 465.

constant aus W und NW; ja Ström bemerkt, daß man stets auf ein Gewitter rechnen könne, wenn der Wind schnell aus SW nach W oder NW gehe [14]). Diese Gewitter sind stark auf den Inseln, welche dem freien Meere am nächsten liegen, schwächer sind sie schon im Innern der Fiorde, und nach Ström's Bemerkungen sind sie im Lande unbekannt, was auch die Aufzeichnungen von Wilse zu Spydberg beweisen. L. v. Buch, welcher auf seiner Reise mehrere Nachrichten über diese Gewitter einzog, glaubt, daß an dieser Küste keine Gewitter im Sommer vorhanden wären [15]), was aber durch die oben mitgetheilten Tafeln widerlegt wird. Damit stimmen auch die Bemerkungen von Arentz überein, indem nach sechsjährigen Beobachtungen zu Bergen und Drontheim am ersten Orte 8 Gewitter im Julius und 3 im August, am letztern 9 im Julius und 4 im August eintrafen.

Die Wintergewitter scheinen überhaupt vorzugsweise an steil aufsteigenden Küsten häufiger zu seyn. So sind in Island Donner und Blitz am häufigsten im Winter; auf den Färöern finden die Gewitter nur im Winter bei starkem Sturme Statt. Dasselbe gilt von den Hebriden [16]) und den shetländischen Inseln [17]). Auch an der Westküste von Nord-America, wie in Sitcha, zeigen sich die Gewitter vorzugsweise im Winter, besonders im December und Januar [18]). Dasselbe scheint vom Ostwinde des adriatischen Meeres zu gelten, wenigstens erzählt Hietzinger, daß die Gewitter im Wellebith-Gebirge und in der Licca im Winter weit zahlreicher und gefährlicher seyen, als im Sommer [19]).

Die Zahl der Gewitter ist in Scandinavien weit kleiner als in Deutschland und Frankreich, eben dieses war auch in Sibirien der Fall. Je weiter wir nach Norden gehen, desto kleiner scheint auch die Zahl der Gewitter zu werden. So hat Gisecke, welcher sich 6 Jahre auf Grönland in einer Breite von 70° aufhielt,

---

14) Gilbert's Annalen XXIX, 410.
15) Ebend. XXV, 308.
16) Edinb. New Phil. Journ. Octbr. 1827. p. 147.
17) Ibid. April 1827. p. 118.
18) Langsdorf Reise II, 88.
19) Hietzinger Statistik der k. k. Militärgränze I, 111.

in dieser ganzen Zeit nur ein einziges Gewitter bemerkt [20]). Und ganz dasselbe haben uns auch andere Reisende aus höhern Breiten berichtet.

Es bleibt uns in Europa nur noch die Gruppe des mittelländischen Meeres übrig, jedoch konnte ich auch hier nur wenige Beobachtungen erhalten:

Nordrand des mittelländischen Meeres.

Monat	Marseille [21])	Rom [22])	Padua [23])	Janina [24])
Januar	0,0	1,1	0,1	1,2
Februar	0,4	1,6	0,5	1,6
März	0,2	1,7	1,2	1,6
April	0,2	1,6	2,7	3,1
Mai	0,7	3,8	5,3	7,4
Junius	1,2	5,3	8,5	5,8
Julius	1,0	3,7	9,5	6,6
August	1,8	5,8	7,9	5,2
September	1,7	6,4	3,6	3,1
October	1,3	5,4	1,8	3,7
November	0,4	3,9	0,8	3,1
December	0,3	2,1	0,2	2,6
Jahr	9,3	42,4	41,9	45,0
Winter	8,4	11,2	1,8	12,0
Frühling	11,8	16,8	21,7	26,9
Sommer	42,9	34,9	61,8	39,1
Herbst	36,9	37,1	14,7	22,0

Marseille und Rom, Orte an denen wir vorzugsweise Winter- und Herbstregen fanden, haben im Sommer verhältnißmäßig wenig Gewitter, und ganz dasselbe gilt von Janina. In Padua, wo sich die Regenverhältnisse denen von Deutschland näherten, finden wir auch eine ähnliche Vertheilung der Gewitter, und wir erkennen also auch in Italien wieder die große Uebereinstimmung im Gange beider Phänomene.

Wie die Vertheilung der Gewitter in den übrigen Welttheilen beschaffen sey, ist mir unbekannt.

---

20) Humboldt Voyage VII, 426.

21) 9jähr. Beob. (1883—89, 91—92) in den Mannh. Ephem.

22) 11jähr. Beob. (1782—92) daselbst.

23) 12jähr. Beob. (1781—92) daselbst.

24) 10jähr. Beob. (1806—15) von Pouqueville in Ann. de chimie XLII, 410.

Alle Erfahrungen, welche bisher über die Entstehung der Gewitter gesammelt sind, zeigen, daß der Niederschlag schnell erfolgen müsse, wenn sie sich vollständig ausbilden sollen. Wollen wir aber die einzelnen Erscheinungen, welche dabei Statt finden, näher verfolgen, so müssen wir für unsere Gegenden die Sommer- und Wintergewitter einzeln betrachten. Ich will hier mit erstern anfangen.

Zur vollständigen Ausbildung eines Gewitters im Sommer ist in unsern Gegenden eine große Ruhe der Atmosphäre, ein mehr oder weniger feuchter Boden und heiteres Wetter erforderlich. Diese Ruhe aber scheint sich nicht bis zur Gränze der Atmosphäre zu erstrecken. Das meistens Statt findende langsame Sinken des Barometers deutet darauf, daß in den obern Schichten ein Abfließen der Luft Statt finde; der Stand des Barometers, welcher meistens unter dem Mittel liegt, macht es wahrscheinlich, daß in den obern Regionen südliche Winde wehen [25]). Dieses Vorherrschen eines Windes in den obern Regionen der Atmosphäre, während unten noch Windstille vorhanden ist, scheint auch durch den Umstand bestätigt zu werden, daß die Gewitter und Orcane sich zwischen den Wendekreisen besonders dann zeigen, wenn die Moussons wechseln, wenn also der folgende Mousson bereits in den obern Schichten herrscht, sich aber noch nicht bis zur Oberfläche der Erde herabgesenkt hat.

Unter diesen Umständen erhalten die Dämpfe und Luftmassen der untern Regionen eine sehr große Steigkraft; diese wird noch erhöht, wenn der Himmel nicht, wie oben angenommen wurde, ganz heiter ist, sondern wenn der Boden durch große Wolkenlücken erwärmt wird, indem der Gegensatz in der Temperatur zwischen den erleuchteten und beschatteten Theilen der Atmosphäre die Geschwindigkeit des Aufsteigens noch vergrößert. Vermöge dieser erlangten Geschwindigkeit bewegen sich die Luftmassen höher, als es der Zustand des Gleichgewichts erfordert, und da der Druck der Dämpfe mit der Höhe schneller abzunehmen scheint, als es die Temperatur erfordert [26]), so wird ein Theil der Dämpfe condensirt, es zeigen sich Cirri, welche, sich immer weiter ausbreitend,

25) Dove in Poggendorff's Annalen XIII, 423.
26) Bd. I. S. 342.

tend, dem Himmel ein weißliches Ansehen geben. Der Niederschlag nimmt immer mehr zu, je länger dieser Vorgang dauert, indem späterhin die Nebelbläschen und Schneetheilchen der Cirri von dem aufsteigenden Luftstrome mechanisch in die Höhe gerissen werden.

Dieser Vorgang, welcher sich fast bei allen Gewittern zeigt, setzt große Wärme und Dampfgehalt der Atmosphäre voraus, und daher finden wir ihn auch nur bei den Gewittern der warmen Jahreszeit, und völlig abweichend von dem in der Folge zu betrachtenden bei den Wintergewittern. In Betreff der völligen Ausbildung des Gewitters müssen wir hier aber nach meiner Ansicht noch zwei Fälle unterscheiden, welche einen wesentlich verschiedenen Einfluß auf die folgende Witterung haben, und welche man am besten aus dem Stande des Barometers nach dem Gewitter erkennen kann; Gewitter nämlich, nach denen das Barometer noch fortdauernd sinkt, und solche, nach denen es steigt.

Sinkt das Barometer, dessen Gang nur zu der Zeit gestört wurde, als das Gewitter dem Zenith nahe war, noch fortdauernd, so ist in dem allgemeinen Verhalten der Atmosphäre nichts geändert, das ganze Phänomen ein locales. Durch die aufsteigenden Massen war die Vertheilung der Wärme und Dämpfe in der Höhe anders geworden, als es das stabile Gleichgewicht der Atmosphäre erforderte, wie dieses namentlich aus den früher erwähnten Untersuchungen von Brandes über die Strahlenbrechung hervorgeht. Durch diesen Vorgang wurde das Gleichgewicht der Atmosphäre immer labiler, es bedurfte nur einer geringen äußern Kraft, um dasselbe gänzlich zu stören. Die Zahl der Ursachen aber, welche dieses Gleichgewicht aufheben konnten, ist sehr groß. Der Südwind durfte nur an einer Stelle etwas lebhafter wehen, der aufsteigende Luftstrom in einer Gegend stärker seyn, als in der benachbarten u. s. w. Wird auf diese Art das Gleichgewicht gestört, so stürzen kältere Luftmassen in die Tiefe, es erfolgt schnelle Condensation, die Temperaturdifferenzen in benachbarten Gegenden vermehren diese Bewegungen und erleichtern dadurch den Niederschlag. Nach Gewittern dieser Art wird das Wetter meistens wieder heiter, die Temperatur der Luft bleibt unverändert, und der Vorgang wiederholt sich oft mehrere Tage.

Eine zweite Klasse von Gewittern hat eine Zunahme des Luftdruckes zur Folge. Diese entstehen aus einer Vermischung der Luftschichten von ungleicher Temperatur, es sind schnell gebildete Regen, bei welcher der Wind sich von S nach W und N dreht. Auf diese Gewitter folgt ein schnelles Steigen des Barometers, der Wind hat sich nach N gedreht, die Temperatur hat abgenommen, und längere Zeit herrscht dann im Sommer kaltes und nasses Wetter [27]). Die meisten Gewitter entstehen auf diese zweite Art, und darin müssen wir auch die Ursache der häufig erwähnten Thatsache suchen, daß die Gewitter in unsern Gegenden vorzugsweise aus dem südwestlichen Theile des Horizontes kommen. Auf ein solches Gewitter folgt meistens kein zweites, während die Gewitter der ersten Klasse sich mehrere Tage auf dieselbe Art wiederholen. Die Landleute kennen diese beiden Klassen von Gewittern sehr gut; hat sich das Wetter abgekühlt, dann haben die Gewitter ein Ende, ist dieses nicht der Fall, so rechnen sie auf ihre Rückkehr.

Indem die Dämpfe aufsteigen, treten sie in electrischen Gegensatz gegen die Oberfläche der Erde, sie führen + E in die Höhe, während der Boden — E behält. Erfolgt nun ein Niederschlag, so wird die + E des Dampfes frei, sie zerstreut sich, wenn die Luft sehr feucht ist und der Niederschlag langsam erfolgt. So wie aber dieser Niederschlag schnell vor sich geht, dann tritt die + E der Wolken sehr lebhaft auf, sie scheint vorzugsweise auf der Oberfläche angehäuft, aber auch jedes Bläschen besitzt wahrscheinlich seine eigenthümliche electrische Atmosphäre.

Bei diesem Vorgange bilden sich in der Tiefe mit unglaublicher Schnelligkeit Cumuli, welche in Cumulostrati und die eigentlichen Gewitterwolken übergehen; geschieht diese Bildung in der Nähe des Zeniths, so steigt das Barometer meistens um einige Zehntel Linien. Indem ein Theil der Atmosphäre beschattet wird, sinkt die Temperatur dort sehr schnell, diese Depression scheint noch befördert zu werden durch kalte Luftmassen, welche aus der Höhe in die Tiefe stürzen, das Thermometer sinkt sehr schnell, was man bei den meisten Gewittern in unsern Gegenden wahrnehmen kann, und was auch Winterbottom von den Orcanen in

27) Dove in Poggendorff's Annalen XIII, 423.

Africa bemerkt. Diese Temperaturdifferenzen erzeugen nothwendig heftige Bewegungen der Luftmassen, kalte Ströme stürzen mit unglaublicher Schnelligkeit in die Tiefe, während oben die aufsteigenden Luftmassen gegen den Ort der Gewitterwolken eilen. Jene herabstürzenden Luftmassen sind Ursache der Gewitterstürme, welche nach allen Seiten aus den Wolken wehen [28]), aber so heftig diese Stürme und Orcane sind, so dauern sie doch in unsern Gegenden eben so wie zwischen den Wendekreisen nur kurze Zeit, und diese kurze Dauer ist ein hinreichender Beweis, daß der Raum, über welchem sich der Wind erstreckt, nur klein ist [29]).

Diese entgegengesetzten Luftströme kann man fast bei jedem Gewitter beobachten. Wenn die Wolken sich anhäufen, so sieht man, daß kleine Wolkenstücke sich mit Schnelligkeit gegen die Hauptmasse bewegen, in der Tiefe entfernen sich nicht selten eben solche Stücke von ihr. Man hat diese Bewegungen meistens aus electrischen Anziehungen und Abstoßungen hergeleitet, mir aber scheint es viel wahrscheinlicher, daß die erwähnten Luftströme Ursache dieser Bewegungen sind. Eben diese Ströme bedingen die Fortsetzung des ganzen Prozesses: indem sie in jedem Momente warme und feuchte Luftmassen gegen die Region der Wolken führen, werden die angekommenen Luftmassen sogleich condensirt, die Electricität dadurch stärker, das Herabfallen des Regens erleichtert.

Diese erwähnten Luftströme sind Ursache einer andern Erscheinung. Man sieht nämlich nicht selten mehrere einzelne Gewitter über dem Horizonte entstehen, die sich in kurzer Zeit und sehr schnell vereinigen, sey es nun, daß eine wirkliche Annäherung beider Wolkenmassen Statt findet, oder sey es, daß ihre Verbindung durch Wolken geschieht, welche sich zwischen ihnen erst gebildet haben. Denken wir beide Gewitter von kugelförmiger Gestalt und in gleicher Höhe über den Boden schwebend, so weht von der Mitte aus ein heftiger Luftstrom nach allen Richtungen, in dem Zwischenraume beider Massen heben sich die entgegengesetzten Ströme auf, eben daselbst ist das Zufließen wärmerer Luftmassen unbedeutend, diese drängen mehr auf die Theile der

28) Bd. I. S. 211.
29) Ebend. S. 149.

Wolken, welche am weitesten von einander entfernt sind. Dieser ungleiche Drang der Wolken gegen einander hat eine eben solche Annäherung der Wolken zur Folge, als wir bei zwei kleinen auf der Oberfläche von Wasser schwimmenden Körpern sehen, welche sich durch Einwirkung der Capillarität gegen einander bewegen, wofern sie nur beide vom Wasser befeuchtet werden.

Der bisher beschriebene Vorgang ergiebt sich ganz aus den Gesetzen, die uns die Versuche über das Verhalten der elastischen Flüssigkeiten in Beziehung auf ihr mechanisches Verhalten und die Aenderung des Aggregatzustandes gelehrt haben. Wir haben dabei nicht auf die Electricität als wirkende Ursache Rücksicht genommen. Es geschah dieses deshalb, weil mir kein einziger Fall bekannt ist, wo die Electricität auf Aenderung des Aggregatzustandes Einfluß hätte, so lange als sie blos durch ihre Spannung wirkt. Erst dann, wenn electrische Ströme Statt finden, mögen diese nun anhaltend seyn, wie bei der electrischen Säule, oder momentan, wie bei der geladenen Flasche, kann die Electricität nicht blos die chemische Zusammensetzung, sondern auch die Aggregatform der Körper ändern. Soll aber einer dieser Vorgänge Statt finden, dann muß die Electricität schon so angehäuft seyn, daß eine Entladung Statt finden kann; ehe also der erste Funke überspringen kann, muß bereits das Gewitter fertig seyn. Drücken wir das Gesagte anders aus, so kommen wir zu dem Satze:

> Das Gewitter wird nicht durch die Electricität gebildet, die dabei auftretende Electricität ist nur Folge des Gewitters [30]),

einem Satze, welcher freilich mit der ziemlich allgemein herrschenden Ansicht in Widerspruch steht.

Die Electricität, welche die eben gebildete Gewitterwolke hat, ist positiv, aber meistens sind in der Höhe Cirri, in der Tiefe Cumulostrati und Nimbi, nicht selten lassen sich in letzteren zwei, drei und mehr Schichten unterscheiden. Indem alle diese Massen vertheilend auf einander einwirken, entsteht eine solche Verwickelung in der Stärke der Electricität, daß es kaum möglich

30) Ich hatte diesen Satz schon entwickelt, ehe mir die ähnliche Ansicht von Schübler (Meteorol. S. 150) bekannt war.

ist, hierüber etwas Allgemeines zu sagen, nur so viel ist gewiß, daß die negative Electricität des Bodens und die positive der höchsten Wolkenschicht Ursache sind, daß jede Wolke auf der untern Seite eine stärkere positive Electricität hat, als auf der obern; ja sind die tiefsten Wolkenschichten in Vergleich mit den obern klein, so hat ihre obere Seite vielleicht negative Electricität. Diese Verwickelung der Verhältnisse ist Ursache, daß das Electrometer kurz vor dem Ausbruche des Gewitters so vielen Schwankungen unterworfen ist, je nachdem bald eine stärker, bald eine schwächer electrisirte Wolke durchs Zenith geht.

Endlich folgt die erste Explosion, es stürzt Regen herab und damit ändert sich die Stärke der Electricität; war sie vor jenem Blitze ungewöhnlich stark, so ist sie nach ihm schwächer [31]). Aber in der Explosion selbst liegt die Ursache zu einer neuen Entwickelung von Electricität. Wir wissen aus den Versuchen, welche Kinnersley und mehrere Andere angestellt haben, daß die Luft durch einen electrischen Schlag heftig ausgedehnt werde, der Blitz erzeugt in dem Raume, welchen er durchläuft, eine plötzliche Verdünnung und darauf nothwendig folgende Verdichtung der Luft. Die heftigen Bewegungen vereinigen nicht blos Nebelbläschen zu Tropfen, sie condensiren auch Dampf, welcher noch im elastischen Zustande war.

Indem die Regentropfen zur Erde gelangen, bringt jeder von ihnen seine eigene Electricität mit, die er der Wolke genommen hatte. Dabei kann es geschehen, daß die Tropfen ihre Electricität so lebhaft ausströmen, daß sie leuchtend werden. Bei einem Gewitter, welches den 26sten October 1824 Abends über die Felder in Würtemberg hinzog, waren die fallenden Regentropfen leuchtend, es schien Feuer zu regnen; die auf die Erde überströmende Electricität war so bedeutend, daß Personen, welche während dieses Regens über Feld nach Hause gingen, ihre Haare wechselseitig leuchten sahen [32]).

Der weitere Vorgang bei den Gewitter ist so mannichfach und so complicirt, der Beobachter an dem Boden ist so wenig im Stande,

---

31) Humboldt Voyage VI, 176. XI, 21.

32) Schübler Meteor. S. 153. Ueber das Leuchten der Haare s. später das St. Elmsfeuer. Auch Kastner sah leuchtende Regen. Meteorol. III, 503.

den Prozeß in den Wolken mit den Aenderungen des Electrometers zu vergleichen, daß wir nur Hypothesen aufzustellen im Stande sind. Darin stimmen alle Beobachter ohne Ausnahme überein, daß das Gewitter in unsern Gegenden meistens mit + E anfängt, dann folgen Sprünge in der Stärke, plötzlich wird die Electricität negativ späterhin, vielleicht wieder positiv. Findet die Explosion zwischen der untersten Wolkenschicht und dem Boden Statt, so wird die Wolke zum Theil entladen, die + E des Electrometers würde also schon aus diesem Grunde abnehmen, sie wird durch den Regen schnell zum Boden geführt und das Electrometer divergirt weniger. Durch Wiederholung dieses Vorganges, durch Explosionen zwischen den Wolken und jedesmal mit neuer Heftigkeit erfolgenden Regen, kann die untere Wolkenschicht eine so schwache + E haben, daß das Electrometer nicht mehr divergirt. Endlich geht auch die positive Electricität ganz zum Boden, die negative auf der obern Seite der Wolke wirkt nach unten, das Electrometer zeigt — E, die in der Folge, wo neue Wolken gebildet werden, wieder in + E übergeht.

Diese große Einwirkung des Regens auf die Aenderungen in der Art der Electricität wird besonders durch die Arbeiten von Schübler erwiesen, indem sie sich besonders mit dem herabfallenden Regen änderte [33]). Um diese Aenderung in Stärke und Art der Electricität zu übersehen, habe ich auf Taf. IV einige graphische Zeichnungen nach Schübler gegeben.

Außer diesen physischen und mechanischen Aenderungen, welche der Blitz in der Atmosphäre erzeugt, hat er auch eine chemische Verbindung der beiden Hauptbestandtheile der Luft zur Folge. Wir wissen aus den Versuchen von Cavendish, daß feuchte atmosphärische Luft, durch welche sehr viele electrische Funken schlagen, in Salpetersäure verwandelt wird. Ein ähnlicher

33) Es ist also hier im Grunde derselbe Vorgang, als bei dem Versuche, welcher in allen Lehrbüchern der Electricitätslehre als der wichtigste für die Vertheilung angeführt wird. Besteht der Cylinder, welcher in die Nähe einer positiv-electrisirten Kugel gebracht wird, aus zwei Stücken, welche isolirt von einander entfernt werden können, so behält das der Kugel zunächst liegende Stück freie — E, wenn das hintere Stück isolirt entfernt oder auch mit dem Boden in Verbindung gesetzt wird.

Vorgang findet bei der Explosion der Gewitterwolken Statt. Liebig fand, daß das Wasser, welches bei einem Gewitter gefallen war, ein salpetersaures Salz enthielt, indem die Salpetersäure meistens mit Kalk und Ammoniak gesättigt war. Unter 17 Gewitterregen, die in der Folge von ihm untersucht wurden, fehlte die Salpetersäure nicht in einem einzigen, dagegen von 60 andern Arten Regenwassers zeigten sich nur in zweien Spuren von Salpetersäure [34]).

Warum wird die Gewitterwolke nicht bei der Explosion entladen? Worin liegt die Ursache der oft mehrere Stunden anhaltenden Ladung der Wolke? Um diese Fragen zu beantworten, sind mancherlei Hypothesen aufgestellt worden, namentlich wurden öfter chemische Prozesse im Innern der Wolke als Ursache des ganzen Vorganges angesehen. Ich glaube jedoch, daß diese fortdauernde Thätigkeit eine einfache Folge aus den bekannten Gesetzen über die Wirksamkeit der Electricität ist. Die Electricität, welche ein jedes Dampfbläschen besitzt, ist auf der Oberfläche der Wolken am stärksten. Wäre letztere selbst ein fester Körper, so daß die Electricität blos auf ihrer Oberfläche angehäuft wäre, so würde sie wahrscheinlich nicht durch den ersten Funken entladen werden. Wenn bei einer Leidener Flasche ein Funke von einer Belegung zur andern überspringt, so bleibt noch ein großer Rückstand von Electricität in der Flasche zurück, und ganz dasselbe muß bei einer Wolke geschehen, wo die Entfernung zwischen beiden Belegen weit bedeutender ist. Indem aber bei der Explosion durch die heftige Erschütterung der Luft eine neue Condensation Statt findet, wird die Wolke aufs Neue geladen; da die Electricität der Oberfläche verschwunden war, so bewegt sich die Electricität aus dem Innern gegen die Oberfläche, und wird hier bis zu einem solchen Grade angehäuft, daß nach einiger Zeit eine neue Explosion Statt finden kann.

Erwägen wir, daß Windstille, feuchter Boden und starke Einwirkung der Sonne die wichtigsten Bedingungen für Gewitter sind, so ergiebt sich hieraus, weshalb sie sich in unsern Gegenden vorzugsweise im Sommer zeigen. Die zuerst betrachtete Klasse von Gewittern, bei denen das labile Gleichgewicht der Atmosphäre

---

34) Berzelius Jahresbericht, 8ter Jahrgang. S. 233.

durch in die Tiefe stürzende Luftmassen aufgehoben wird, scheint vorzüglich zwischen den Wendekreisen, wo das Phänomen lange Zeit hindurch täglich auf dieselbe Art wiederkehrt, Statt zu finden, aber auch in höhern Breiten zeigt sich unter geeigneten Umständen dieselbe Erscheinung. Namentlich gehört hieher die von Volta beobachtete Periodicität der Gewitter[35]). Er fand nämlich in den Gebirgen am Comer-See eine Neigung der Gewitter, mehrere Tage hindurch zu derselben Tagesstunde und in demselben Thale wieder zu erscheinen. Hatte sich in einem Thale ein Gewitter etwa um die Mittagsstunde gebildet, und war dieses nach einiger Zeit mit oder ohne Platzregen wieder verschwunden, so daß sich noch an demselben Abend der heitere Himmel wieder zeigte und auch noch am folgenden Morgen fortdauerte, so konnte man sicher darauf rechnen, daß sich gegen Mittag des folgenden Tages ein neues Gewitter in eben diesem Thale bildete. Dieser Vorgang wiederholt sich so lange, bis endlich ein Wind oder eine andere bedeutende Veränderung der Atmosphäre hinzukommt, wodurch diese Neigung zur Wiedererzeugung der Gewitter gestört wird. Eine nähere Beobachtung dieser Thatsache zeigte ferner, daß der Vorgang nicht von localen Umständen abhinge, so daß ein gewisses Thal oder eine gewisse Bergschlucht geschickter zur Erzeugung von Gewittern wäre; nach einiger Zeit, wo eine ähnliche periodische Gewitterbildung eintritt, ist es vielleicht ein anderes Thal, in welchem sich ein erstes Gewitter zeigt, welches der Anfang einer solchen Periode wird. Wir dürfen daher die Ursache nicht in bestimmten Localitäten oder in einer periodischen Wiederkehr der Winde suchen, vielmehr glaubt Volta, die Ursache liege in einer von dem Gewitter des vorhergehenden Tages herrührenden Modification der darüber schwebenden Luftsäule, welche selbst nach der wieder eingetretenen Aufheiterung noch einen ganzen Tag fortdauere. Diese Modification soll nun theils in einem eigenthümlichen und dauernden electrischen Zustande der Luftsäule, theils in einer bedeutenden Depression der Temperatur liegen. Indem die electrisirten Regentropfen herabstürzen, erhält die Luft Electricität, welche

35) Sul Periodo de' temporali in Volta Opere I, II, 489. Ursprünglich in Giornale di Fisica, Chimica u. s. w. X, 17. Daraus Ann. de chimie IV, 241. Schweigger's Jahrb. XIX, 262.

e bei ihrer schlechten Leitung lange Zeit beibehält. Der vom vorergehenden Regen durchnäßte Boden verdunstet bei der lebhaften Einwirkung der Sonne sehr schnell, und diese Dämpfe werden in er Höhe eben so niedergeschlagen, als diejenigen, welche aus beachbarten Gegenden in der Höhe gegen diese kalte Luftsäule strözen, so daß also das Gewitter wiederkehrt. Configliachi bemerkt in einem Zusatze zu Volta's Abhandlung [36]), daß er an eitern Tagen die electrische Spannung an den Orten, wo sich am origen Tage ein Gewitter aufgehalten hatte, viel stärker gefunen habe, als gewöhnlich, wovon aber die Ursache nach meiner Insicht vorzüglich in der schnellen Verdunstung liegt, gerade so die Beccaria bemerkte, daß die positive Electricität der Luft esonders dann stark war, wenn es nach Regenwetter wieder heier wurde [37]). Configliachi erwähnt, daß seine eigenen Erahrungen ganz diese Behauptung Volta's bestätigt hätten. Das Thal oberhalb Lemna und Molina, unweit der Villa Pliniana, welches sich in Verbindung mit andern zu der Ebene von Tuvano usdehnt, beherbergte im Jahre 1814 vierzehn Tage hindurch ben so viele Gewitter in seinem Schooße; jeden Tag entstand daelbst um dieselbe Stunde der Mittagszeit die erste Wolke, welche ich um den Punkt ihrer Entstehung herum ausbreitete und nach inigen Explosionen und etwas Regen wieder verschwand. Wäre icht endlich von den Bergen des gegenüber liegenden Thales Inelvio her ein weit stärkeres Gewitter entstanden, welches durch en bald darauf folgenden heftigen Wind jene früheren zerstreute, o würden die periodischen Gewitter noch lange gedauert haben.

Es werden hier also nach den Erfahrungen der gedachten Beobachter Gewitter der ersten Klasse durch Gewitter der zweiten Klasse verdrängt, sie kehren so lange wieder, bis eine stärkere Drehung des Windes endlich dem Wetter einen andern Charakter giebt. Diese Periodicität der Gewitter läßt sich auch in andern Gegenden nachweisen, wie dieses Günther für die Gebirgsgegenden am Rheine, namentlich für das Siebengebirge, gethan at [38]). Auch auf den Ebenen läßt sich ein ähnlicher Vorgang

36) Volta Opere I, II, 504. Schweigger Jahrb. XIX, 279.
37) S. oben S. 417.
38) Schweigger's Jahrb. XXI, 106.

wahrnehmen. So lange das Barometer keine größere Veränderung im Zustande der Atmosphäre zeigte, habe ich in Halle häufig bemerkt, daß mehrere Tage hindurch zu derselben Stunde Gewitter oder Regenschauer entstanden[39]).

Ganz vorzüglich häufig sind die Gewitter in Gebirgsgegenden, und die oben mitgetheilten Tafeln für Padua zeigen die größere Häufigkeit der Gewitter an diesem Orte, und dasselbe bemerkt man am ganzen Nordrande der lombardischen Ebene, so wie in andern Gebirgsgegenden. Nicht selten sieht man hier über einer Bergspitze, über einem Thale eine Wolke, welche mit unglaublicher Schnelligkeit an Umfang gewinnt und dann explodirt. Die aufsteigenden Ströme, welche hier weit lebhafter sind, als auf den Ebenen, die partiellen Ströme in einzelnen Thälern und Schluchten sind Ursache einer schnellen Condensation, welche besonders dann leicht möglich ist, wenn ein vorherrschender Wind gerade gegen die Bergkette weht und die Dämpfe in die Höhe treibt. Andere Physiker haben diese Gewitter aus einer eigenthümlichen Electricität der Erde abgeleitet, wie dieses neuerdings noch Matteucci gethan hat[40]). Soll nämlich die durch Verdunstung und Vegetationsprozeß entstandene eigenthümliche Electricität der Erde nicht wieder verschwinden, so muß sie in schlechten Leitern angehäuft seyn, und zu diesen gehören die Gebirge; späterhin sucht dann diese Electricität einen Ausweg, und so bilden sich die Gewitter. Ich glaube jedoch, der von mir angegebene Prozeß sey der naturgemäßere.

Gebirge zeigen in Beziehung auf die Gewitter noch eine andere Erscheinung, welche man in den Ebenen nicht wahrnimmt. Nicht selten nämlich findet man, daß ein Gewitter, welches sich in einem Thale auf einer Ebene bildete und von dem herrschenden Winde gegen einen Bergkamm getrieben wird, hier plötzlich stehen bleibt, dann nach einer ganz andern Richtung fortzieht oder auch sich mehrfach theilt, worauf die einzelnen Stücke sich nach verschiedenen Richtungen bewegen. Solche Punkte heißen Wetterscheiden, und Schübler hat in verschiedenen Abhandlungen deren

39) Vgl. Bd. I. S. 398.

40) Bibl. univ. XLII, 8.

mehrere für Würtemberg nachgewiesen [41]). Eben solche Punkte kennt man auch in verschiedenen anderen Gegenden, ja selbst im flachen Lande wird erzählt, daß einzelne Hügel Wetterscheiden seyn sollen, jedoch bedürfen viele dieser Angaben noch einer nähern Prüfung. Vorurtheile, alt hergebrachte, von dem Vater auf den Sohn vererbte, Erzählungen sind nicht selten Schuld, daß Behauptungen dieser Art aufgestellt werden. So soll der eine hundert Fuß über dem Wasserspiegel liegende Rand der Saale bei Halle eine Wetterscheide seyn, es sollen Gewitter aus Westen nicht über die Saale kommen: eine Meinung, welche in Halle ziemlich verbreitet ist. Aller Aufmerksamkeit ungeachtet habe ich nie eine Spur von der Richtigkeit dieser Meinung auffinden können. Zwar geschieht es, daß Gewitter, welche schon längere Zeit auf dem linken Ufer der Saale gewüthet haben, nicht bis Halle gelangen, weil sie sich schon vorher zerstreuen, aber die meisten Gewitter, welche ich in Halle erlebt habe, kamen über die Saale.

Der Grund, weshalb einzelne hervorragende Berge Wetterscheiden sind, ist gewiß rein mechanisch, um so mehr, da viele von den Punkten, an denen diese Eigenschaft bestimmt nachgewiesen ist, nicht bis in die Region der Wolken reichen. Meistens zieht das Gewitter mit einem langsam wehenden Winde fort, aber mit ungeheurer Schnelligkeit bewegt sich der nach allen Seiten herabstürzende kalte Luftstrom. Trifft dieser an die Bergkette, so findet er hier einen bedeutenden Widerstand, er wird aufgehalten und hebt durch seine Rückwirkung auf die Wolke die Fortbewegung von dieser auf. Stand die Richtung, welche das Gewitter nahm, senkrecht auf dem Gebirgszuge, so kann es hier vielleicht stundenlang stehen bleiben; bilden beide einen schiefen Winkel, so zieht das Gewitter parallel mit der Bergkette fort, bis es ein Thal findet, welches mit seiner frühern Richtung zusammenfällt, worauf es sich in dieses bewegt. So ist nach den mündlich mitgetheilten Erfahrungen des Schloßgärtners Metzger zu Heidelberg der Melibocus und der ganze westliche Abhang des Odenwaldes eine solche Wetterscheide; die Gewitter, welche im Rheinthale entstehen und aus Westen kommen, werden hier auf-

41) Schweigger Jahrb. N. R. I, 138. IV, 383. XI, 42. XIV, 232.

gehalten, bewegen sich nach Süden und treten entweder in's Neckarthal, oder gehen noch weiter südlich.

Wenn ein Thal sich in mehrere Arme theilt und an dieser Trennungsstelle sich ein steil aufsteigender Berg befindet, so geschieht es nicht selten, daß Gewitter, welche thalaufwärts ziehen, längere Zeit an der Verbindungsstelle stehen bleiben und sich hier theilen. So ist der Ringenburger Berg in der Gegend von Ostrach in Oberschwaben und die sogenannte Schneckenwaid bei Dankets-weiler im Oberamt Ravensburg eine solche Wetterscheide. Die von Westen kommenden Gewitter trennen sich an diesen Punkten gewöhnlich in zwei Theile, wovon der eine mehr südöstlich, der andere mehr nördlich gegen die Donau zieht [42]). Auch in diesem Falle ist es jener herabsinkende Luftstrom, welcher durch seine Reaction auf die Wolke diese anfänglich aufhält, worauf sich letztere nach jenen Richtungen bewegt, wo sie den geringsten Widerstand findet, also beide Thäler verfolgt.

Es ist wohl öfter die ganze Theorie der Wetterscheiden aus electrischen Reactionen der Berge abgeleitet worden, aber hier fällt die electrische Theorie der Hydrometeore in einen Widerspruch. Nebel und Wolken lagern sich deshalb um die Bergspitzen, weil sie von der Electricität *angezogen* werden; Gewitter steigen nicht über die Berge, weil sie von der Electricität *abgestoßen* werden. Woher dieser Gegensatz der Wirkung komme, ist mir unbegreiflich, zumal da der Wechsel der Electricität bei den meisten Gewittern eine jede Hypothese, diesen Vorgang aus electrischen Gegensätzen herzuleiten, wenig wahrscheinlich macht. Es wird zur Unterstützung dieser Meinung angeführt, daß bewaldete Berge sich weit besser zu Wetterscheiden eignen, als kahle. Ich weiß nicht, ob diese Thatsache allgemein wahr ist, sollte es aber der Fall seyn, so liegt der Grund gewiß nicht darin, daß Wälder als Körper mit vielen Spitzen die Electricität stärker einsaugen oder ausströmen, als kahle Flächen. Bewaldet werden bei gleicher absoluter Höhe diejenigen Berge seyn, welche steil ansteigen und durch den Pflug weniger bearbeitet werden können, als die mit sanfter Böschung, nothwendig wird der Wind an jenen also einen stärkern Widerstand finden.

---

42) Schübler in Schweigger's Jahrb. N. R. XIV, 233.

Da die Gewitter nach dem früher Gesagten nur plötzlich ent-
ndene Regen sind, da sie meistens dann sich zeigen, wenn der
nd sich von Süden nach Norden dreht, so ist einleuchtend, daß
meisten Gewitter aus dem südwestlichen Theile des Horizonts
nmen werden. Im Jahre 1820 forderte die naturforschende
sellschaft zu Halle die Meteorologen in Deutschland auf, genaue
obachtungen über den Zug der Gewitter anzustellen, und bald dar-
f wurden einige von den Resultaten aus den eingelaufenen Tage-
chern mitgetheilt [43]). Mehrere Jahre, nachdem jene Bemer-
ngen bekannt gemacht waren, wurde ich Mitglied der gedachten
sellschaft, und ich habe einige Jahrgänge der Beobachtungen
her verglichen, muß aber gestehen, daß ich mich in Betreff der
lgerungen, namentlich in Betreff des Zuges und der Schnel-
keit der Gewitter, nicht von den gegebenen Behauptungen habe
erzeugen können.

Die Bestimmung der Richtung, nach welcher die Gewitter
hen, ist viel schwieriger als sie auf den ersten Anblick zu seyn
eint. Nur wenn das Gewitter fast durch das Zenith des Beob-
hters geht, kann er mit Genauigkeit seinen Zug angeben, aber
ch schon in diesem Falle ist die Zahl der Täuschungen wegen der
len in der Wolke vor sich gehenden Umbildungen sehr groß.
ch schwieriger wird es, die Richtung von Gewittern zu bestim-
n, welche in der Nähe des Horizontes Statt finden; nach den
kannten Regeln der Perspective kann man sich hier in der Be-
nmung der Richtung um 60° irren, und Angaben, wie „das
witter zog von SW nach SO" heißen nur, das Gewitter be-
d sich südlich vom Standpunkte des Beobachters.

---

3) Schweigger's Jahrb. N. R. VII, 5. Eine ausführliche Ver-
folgung einzelner Gewitter gehört nicht hieher. Ich werde die Resultate
mehrerer Jahrgänge sobald als möglich an einem andern Orte im Detail
mittheilen, wiederhole aber hier zugleich die Bitte an alle Beobachter,
ihre Aufzeichnungen vom Jahre 1821 an, entweder an mich oder an die
hiesige naturforschende Gesellschaft zu schicken. Uebrigens bemerke ich
noch, daß die dort mitgetheilten Sätze nicht, wie in vielen Schriften
erwähnt wird, vom Herrn Hofrath Keferstein herrühren, sie sind
vorzüglich vom Herrn Inspector Bullmann (Secretär der Gesell-
schaft) und Herrn Prof. Schweigger aufgestellt. Jener theilte sie
nur im Jahresberichte während einer Krankheit des Secretärs mit.

Das sicherste Verfahren, diesen Zug mit Genauigkeit zu erfahren, würde seyn, wenn sich mehrere Beobachter vereinigten und Richtung und Zug der Gewitter nach ihren Wahrnehmungen genau aufzeichneten. Soll diese Vergleichung aber ein gutes Resultat geben, und sollen namentlich alle möglichen Täuschungen ganz entfernt werden, so müssen die Beobachter so nahe an einander wohnen, daß der eine ein ankommendes Gewitter noch zu Zeiten beobachten kann, wo es nicht aus dem Gesichtskreise des andern verschwunden ist. Und selbst in diesem Falle sind noch in Beziehung auf die Geschwindigkeit des Gewitters Fehlschlüsse möglich. Warum sollen sich nicht an verschiedenen Orten zugleich Gewitter bilden? Ist dieses aber der Fall, so wird man sich sehr irren, und noch mehr ist dieses dann möglich, wenn die nächsten Beobachtungsorte, so wie bei denen der naturforschenden Gesellschaft, 20 und mehr Meilen von einander entfernt sind.

Wegen dieser Möglichkeit, daß die Gewitter fast gleichzeitig an verschiedenen Orten entstehen, sind mir die Angaben über die Geschwindigkeit einzelner Gewitter sehr verdächtig. Im Würtembergischen, wo noch eine große Menge von Beobachtern auf einem verhältnißmäßig kleinen Raume vereinigt war, legen schneller ziehende Gewitter in der Stunde einen Weg von 8 bis 15 und 24 geographischen Meilen zurück. Ich will aus den Untersuchungen von Schübler hier nur zwei Fälle mittheilen: das mit Schloßen begleitete Gewitter vom 21sten Mai 1823 war Abends 7½ Uhr in Schwenningen, schadete in vielen Gegenden Würtembergs durch Schloßen und Einschlagen, um 10 Uhr war es 18 Meilen östlicher in Giengen, und nach Mitternacht zwischen 1 und 2 Uhr 20 Meilen östlicher in Regensburg, es legte daher zwischen Schwenningen und Giengen im Mittel in einer Stunde 7 geographische Meilen, und von da bis Regensburg in der Stunde 5½ Meilen zurück. Das durch viele Schloßen und Wolkenbrüche ausgezeichnete Gewitter am 19ten Mai desselben Jahres hatte einen schnellern Gang und war auch in mehreren Gegenden mit Sturm aus W begleitet, es zog Abends 6 Uhr mit vielem Regen über Schwenningen und verheerte um 7 Uhr nordöstlicher auf den Fildern die Umgebungen von Birkach, Bernhausen und Neuhausen. An demselben Abend um 10 Uhr zerstörte ein Gewitter durch Schloßen und Ueberschwemmungen 90 geographische Meilen öst-

scher das Städtchen Bellusch in Ungern. Sollte dieses dasselbe Gewitter gewesen seyn, so würde es eine Geschwindigkeit von 25 Meilen gehabt haben. Sollte es jedoch ein früheres Gewitter gewesen seyn, welches Nachmittags 1¼ Uhr desselben Tages mit Schloßen über Giengen zog, so würde dieses eine Geschwindigkeit von 8½ Meilen in der Stunde geben [44]).

Schon diese letztere Thatsache, daß wir nicht wissen, ob die Geschwindigkeit 8½ oder 25 Meilen betragen habe, zeigt, wie vorsichtig wir mit unsern Folgerungen in Betreff dieses Gegenstandes seyn müssen. Dazu kommt, daß sich nach den handschriftlichen Mittheilungen die Gewitter an diesen beiden Tagen, an andern Orten zu solchen Zeiten zeigten, daß wir kaum annehmen dürfen, daß dasselbe Gewitter an allen diesen Orten gewesen sey. Es fand nämlich Statt am 19ten Mai um 5 Uhr in Coblenz, Halle und Chemnitz, um 6 Uhr in Potsdam, um 7 Uhr und später um 9 Uhr in Guben, in Halberstadt wird Abends Wetterleuchten erwähnt. Am 21sten Mai war das Gewitter um 1 Uhr, 5 Uhr und 7 Uhr in Werben, um 1 Uhr und 7 Uhr in Erfurt, um 2 und 9 Uhr in Halle, um 3 Uhr und 5 Uhr in Potsdam, um 6 Uhr in Chemnitz, um 8¾ Uhr in Guben, um 9 Uhr in Dresden und um 6¾ Uhr in Marienberg in Preußen. Also auch hier wieder jedenfalls lauter einzelne Gewitter. Wie schnell sich diese fast gleichzeitig an verschiedenen Orten bilden, davon noch folgendes Beispiel: Der 11te Junius 1827 zeichnete sich nach den handschriftlichen Mittheilungen bei der hiesigen naturforschenden Gesellschaft allenthalben durch schwüle, drückende Hitze aus. Um 5 Uhr zeigte sich bei Halle ein Regenschauer mit wenigen Blitzschlägen, nach 7½ Uhr ein heftiges Gewitter, welches bis 10 Uhr dauerte. An eben diesem Tage war in Guben ein Gewitter von 2½ bis 5¼ Uhr, in Potsdam von 4 bis 6 Uhr, in Werben um 4 Uhr; wollte man annehmen, daß dieses ein und dasselbe fortziehende Gewitter gewesen sey, so würde man eine ungeheure Geschwindigkeit erhalten. Das zweite Gewitter zeigte sich in Braunschweig um 8½ Uhr, in Naumburg nach 7 Uhr, Werben nach 9 Uhr, Potsdam nach 9 Uhr, Guben von 8 bis 11 Uhr, Hirschberg 7 Uhr, Markliſſa von 7½ bis 12 Uhr. Was mich betrifft, so

44) Schweigger Jahrb. N. R. XI, 40.

wage ich hier durchaus nichts in Betreff der Geschwindigkeit zu folgern, und ich könnte aus handschriftlichen Mittheilungen eine große Menge ähnlicher Fälle anführen, aus denen aufs Bestimmteste hervorgeht, daß die Gewitter sich gleichzeitig an mehreren Orten bildeten.

Die große Geschwindigkeit mancher Gewitter von 20 Meilen in der Stunde oder 130 Fuß in der Secunde scheint allerdings in dem Sturme, welcher sich kurz vor Ankunft des Gewitters erhebt, einige Bestätigung zu finden. Es ist aber schon erwähnt, daß dieser aus der Wolke herabstürzende kalte Luftstrom local ist; der schwache Wind vor und nach dem Gewitter zeigt, daß dieser Sturm das Gewitter nicht forttreibe.

Wenn bei den meisten Gewittern im Sommer Windstille ein wesentliches Erforderniß ist, so ist dieses bei den Wintergewittern weit weniger der Fall. Da die Atmosphäre in diesem Falle weniger Dämpfe enthält, als im Sommer, so ist eine hinreichend schnelle Condensation nur zur Zeit lebhafter Stürme möglich. Wenn südwestliche Winde lange Zeit geweht, Temperatur und Dampfgehalt der Atmosphäre sich erhoben haben und nun schnell starke Nordwinde kommen, so bildet sich häufig ein Gewitter. Daher fängt das Barometer, das bis dahin gesunken war, meistens in dem Momente zu steigen an, wo die Explosion Statt fand.

Aber noch ein Unterschied findet zwischen beiden Klassen von Gewittern Statt. Während nämlich die Explosionen im Sommer oft mehrere Stunden anhalten, finden wir im Winter meistens nur wenige Blitze. Da die Menge von Dämpfen im Winter geringer ist, so ist auch die entwickelte Electricität nicht so stark, zumal, da sie sich in der relativ feuchtern Luft leichter zerstreuen kann. Daher zeigen sich die Gewitter im Winter auch nur da, wo die Luft sehr feucht ist, also an den Küsten, und zwar desto häufiger, je steiler diese Küsten sind. Aus diesem Grunde eignet sich Norwegen vorzüglich zur Entstehung von Wintergewittern, aber schon im Innern der Fiorde, wo die Regenmenge geringer ist, verschwinden jene, und in Spydberg sind die Gewitter vom October bis April unbekannt. Sind nun auch flache Küsten nicht so günstig zur Erzeugung von Wintergewittern, so fehlen sie doch auch hier nicht, und in Holland findet auch in jedem Wintermonate ein Gewitter Statt, aber schon in Deutschland sind sie sel-

seltener, und in Moscau fehlen sie bei der großen Trockenheit im Winter schon ganz.

Sehr häufig bemerkt man am Abend Blitze ohne wirklichen Donner, ein Phänomen, welches mit dem Namen Wetterleuchten, Wetterabkühlen bezeichnet wird. Zuweilen zeigen sich diese Blitze in niedrig stehenden und sehr entfernten Wolken, aber die Entfernung ist zu groß, als daß der Donner gehört werden könnte. Dieses Phänomen, welches man an bewölkten Sommertagen öfter wahrnehmen kann, zeigt sich zwischen den Wendekreisen auf dieselbe Art. So sah Humboldt bei seiner Reise auf dem Orenocco den Himmel einige Zeit vor dem Aufgange der Sonne größtentheils bewölkt, und dabei bemerkte er in einer Höhe von mehr als 40° viele Blitze, ohne daß er in jenen stillen Gegenden Donner hörte [45].

Von diesem Vorgange ist noch das eigentliche Wetterleuchten zu unterscheiden; man bemerkt nämlich an ganz heitern Abenden nach dem Untergange der Sonne nicht selten Blitze, meistens am Horizonte, und pflegt dann zu sagen, das Wetter kühle sich ab [46]). Diese Blitze scheinen nicht immer Explosionen von Gewittern zu seyn. So bemerkte man am 26sten August 1823 in mehrern Gegenden Würtembergs Nachts zwischen 9, 10 und 11 Uhr Blitze bei völlig klarem Himmel, während keiner der Beobachter Würtembergs, welche etwa auf einer Fläche von 400 Quadratmeilen vertheilt wohnen, ein Gewitter bemerkte, auch schien die Atmosphäre nicht zur Bildung von Gewittern geneigt zu seyn; das Barometer stand schon seit einigen Tagen 1 bis 2 Linien über der mittlern Höhe und stieg den folgenden Tag noch mehr; die Richtung des Windes war O und NO, es war zugleich einer der heißesten Tage dieses Sommers. Auch an den folgenden Tagen bemerkte man in mehrern Gegenden Nachts Blitze bei größtentheils heiterm Himmel, es zogen jedoch an diesen Tagen auch durch einige Gegenden Würtembergs einzelne Gewitter [47]). An den

45) Humboldt Voyage VII, 9.

46) Brandes Beiträge S. 354.

47) Schübler in Schweigger Jahrb. N. R. XI, 39. Am 27sten und den folgenden Tagen finde ich an mehrern Orten Gewitter.

Nach Schübler [50]) ist das Wetterleuchten wahrscheinlich zuweilen eine, unabhängig von Gewittern sich ereignende, leuchtende Erscheinung, die vielleicht durch Ausströmung starker Electricität ohne electrischen Gegensatz benachbarter Wolkenschichten veranlaßt wird; sie ereignet sich vorzüglich häufiger an heißen Sommerabenden, an welchen höhere Luftschichten mit Eintritt der Nacht schneller tiefer sinken, ihre Electricität bei Annäherung zu den feuchtern, tiefern Schichten nicht mehr in sich angesammelt erhalten können und dann ihre Electricität ausstrahlen lassen.

Auch Th. Forster [51]) und Matteucci [52]) sind der Meinung, daß das Wetterleuchten electrischer Natur sey. Namentlich leitet Letzterer die Erscheinung aus der Electricität her, welche der Boden hat, und die sich wegen der isolirenden Eigenschaft der trocknen Luft in diesem erhält. Im Momente, wo die Sonne untergeht und während der Nacht bilden die condensirten Dämpfe in der Nähe des Bodens eine leitende Schicht, welche dazu dient, das Gleichgewicht zwischen der Electricität des Bodens und der Atmosphäre herzustellen. Man wird dieses Phänomen daher vorzugsweise in den Ebenen beobachten, weil die Electricität aus Gebirgen wegen der geringern Dichtigkeit der Luft und der Leichtigkeit der Niederschläge bei der tiefern Temperatur leichter entweichen kann. Huber-Burnaud bemerkt gegen diese Hypothese [53]), daß man den Vorgang doch einmal in der Nähe des Zeniths sehen müßte, wenn der angegebene Grund der wahre sey, und er hält das ganze Phänomen für die Blitze von entfernten Gewittern. Dagegen erinnern die Herausgeber der Bibliothèque universelle mit Recht, daß man dieses Phänomen sehr häufig an allen Theilen des Horizontes sehe, und es daher schwer zu glauben sey, daß nach allen Richtungen hin Gewitter ständen, während die Gegend des Beobachters völlig heiter sey. Es sey allerdings selten, daß sich der Vorgang in der Nähe des Zeniths zeige, aber es geschehe doch zuweilen, und sie selbst hätten

---

50) Schübler Meteor. S. 152.

51) Forster Wolken S. 229.

52) Matteucci sulla influenza dell' elettricità terrestre sù i temporali, in Bibl. univ. XLII, 9.

53) Bibl. univ. XLII, 254.

in einer heitern Nacht am Ende des August 1828 Wetterleuchten im Scheitelpunkte[54]) beobachtet. Electrisches Licht aber müsse sich stets zeigen, wenn die Luft Leiter der Electricität werde, geschehe dieses nun durch Verdünnung oder durch Gegenwart von Wasserdämpfen, sobald nur ein Gleichgewicht zwischen dem von dieser Luft berührten Körper und den übrigen Theilen der Atmosphäre hergestellt werde. Die electrischen Entladungen in diesem Falle aber erfolgen nicht wie bei einer trocknen und isolirenden Luft plötzlich, sondern allmählig und ohne Detonation und sind von einem Lichtschweife begleitet, gerade so wie es beim Wetterleuchten der Fall ist.

Indem ich es aus Mangel an hinreichenden Erfahrungen unentschieden lasse, wie es sich mit diesem Phänomene verhalten möge, wende ich mich zu einer andern electrischen Erscheinung, dem St.-Elmsfeuer, oder wie es Schweigger für richtiger hält, dem Hermesfeuer[55]), dem Castor und Pollux der Alten. Man bemerkt nämlich bei Gewittern oder einem stark electrischen Zustande der Luft an den erhöhten Gegenständen, vorzüglich an metallenen Thurmspitzen, den Mastbäumen und andern Körpern, rauschende Flammen, welche ohne Schaden eine Zeitlang fortdauern und zuerst von Courtinon als electrisches Spitzenlicht angesehen wurden[56]).

Beobachtungen dieser Erscheinung besitzen wir in großer Menge, und namentlich waren die Alten, welche sie als prodigia ansahen, in ihrer Aufzeichnung sehr genau. So erzählt Livius[57]): Die Furcht wurde durch die Wunderzeichen, die man von verschiedenen Orten einbrachte, noch erhöht. In Sicilien, hieß es, hätten die Wurfspieße einiger Kriegsleute, in Sardinien der Stock eines Ritters, welcher auf den Ringmauern die Schildwachen untersuchte, von wiederholten Blitzen geglänzt. Eben so erzählt Plinius[58]), er habe Sterne auf den Lanzen der Soldaten und den Masten der Schiffe gesehen, die mit Zischen von

---

54) Es heißt des éclairs de chaleur, also wohl mehrmals.
55) Schweigger Jahrb. N. R. XVI, 259.
56) Hist. de l'Acad. 1752. p. 10.
57) Livius XXXII, 1.
58) Plinius hist nat. II, 37.

einem Orte zum andern gehüpft wären. Aehnliche Thatsachen erwähnen Seneca, Hirtius, Procopius und Andere [59]).

In neuern Zeiten hat man diese Erscheinung öfter gesehen. So gaben zu Nordhausen im Jahre 1749 am 12ten Februar bei einem Gewitter zehn aus dem Thurme hervorragende Spitzen helle Flammen von sich, die sogleich wieder erschienen, wenn man sie mit dem Finger auslöschte, dabei hörte man ein Summen, ähnlich dem einer Fliege, die sich in einem Spinnengewebe verstrickt hat [60]). Auch auf den Spitzen des Gestänges der Wasserleitung zu Marly bemerkt man zur Zeit von Gewittern während der Nacht solche Flammen [61]). Eben solche Erscheinungen werden von Dampier [62]), Niebuhr [63]), Kotzebue [64]) und Andern erzählt. Eins der auffallendsten Beispiele theilt uns Forbin mit [65]). „Im Jahre 1696 zog sich plötzlich während der Nacht ein schwarzes Gewölk zusammen, wobei erschreckliche Lichter und Donnerschläge entstanden. Weil ich einen starken Sturm befürchtete, ließ ich alle Segel einziehen. Wir sahen auf dem Schiffe mehr als 30 St.-Elmsfeuer. Eins unter andern befand sich oben auf dem Windflügel des großen Mastes, welches mehr als anderthalb Fuß hoch war. Ich schickte einen Matrosen hinauf, es herunter zu bringen. Als er oben war, hörte er dieses Feuer ein Geräusch machen, wie wenn man angefeuchtetes Schießpulver entzündet. Ich befahl ihm, den Flügel abzunehmen und damit herunter zu kommen. Kaum aber hatte er ihn von der Stelle weggenommen, so ging das Feuer davon weg und setzte sich auf die Spitze des Mastes, ohne daß man es hätte davon abbringen können. Es blieb daselbst ziemlich lange, bis es nach und nach

59) Seneca quaest. nat. I. Hirtius de bello africano 47. Procopius de bello Vandal. II, 2.

60) Hamburger Magazin VII, 420.

61) Fr. v. la Roche Reise durch Frankreich S. 476 bei Reimarus zweite Abh. S. 8.

62) Dampier Voyage I, 115.

63) Niebuhr Reise I, 9.

64) Kotzebue Neue Reise II, 168.

65) Mém du Comte de Forbin I, 368. Hamburger Magazin VII, 425.

erging. Der gedachte Sturm hatte weiter keine Folgen, als einen starken Regen, der mehrere Stunden dauerte."

Diese Erscheinung, welche weiter nichts ist, als das ausströmende electrische Licht, zeigt sich besonders zur Zeit heftiger Stürme, seltener, wie es scheint, dann, wenn Sommergewitter im Zenith zum Ausbruche gekommen sind. Sollte die letztere Behauptung richtig seyn, so würde sich daraus der Glaube der Matrosen bei den Alten ergeben, daß das gute Wetter bald zurückkehre, wenn es sich auf den Masten zeigt [66]). Auch Reimarus ist der Meinung, daß man dieses Phänomen vorzüglich nach zertheiltem Gewitter und bei feuchter stürmischer Luft bemerke [67]). Die meisten Erfahrungen, welche ich gesammelt habe, zeigten, daß das Phänomen besonders im Winter bei stürmischem und gewitterartigem Zustande der Luft Statt fand.

Meistens gehen diese Flammen ohne Schaden vorüber, jedoch sollen sie zuweilen zünden. Bei einem Gewitter, welches den 8ten März 1817 bei Gemmingen in Würtemberg ausbrach, war die Menge der auf die Erde überströmenden Electricität so bedeutend, daß die Spitzen der Bäume eine ziemliche Strecke Landes nicht nur leuchteten, sondern auch bald in Brand geriethen und wie Lichter einige Zeit fortbrannten, ohne daß übrigens Personen, welche zwischen diesen brennenden Bäumen durcheilten, Schaden gelitten hätten [68]). Sollten aber in diesem Falle die Landleute nicht die Flammen des electrischen Lichtes für Flammen von brennendem Holze gehalten haben? Ich läugne nicht, daß mir diese Entzündung etwas unwahrscheinlich scheint.

Ist die Electricität sehr stark, dann bedarf es nicht einmal großer hervorragender Gegenstände, um das Licht zu erzeugen. Einen Fall dieser Art erzählt Burchell, als von ihm im südlichen Africa beobachtet. „Ich kehrte Abends von einem Besuche zurück, welche ich den Missionaren gemacht hatte, und als ich über die Wiese ging, bemerkte ich ein electrisches Phänomen, das ich nur das einzige Mal in meinem Leben sah. Von jeder Him-

66) Plinius hist nat. II,37.

67) Reimarus neuere Bemerkungen S. 170.

68) Schwäb. Chronik von Elben, Jahrg. 1817. S. 202 bei Schübler Meteor. S. 153.

melsgegend aus schienen Blitze auszugehen, die auf einander, in sehr kurzen Zwischenzeiten ohne Donner folgten. Alles rings umher war still und nur einzelne schwere Regentropfen entfielen einigen außerordentlich dichten und schwarzen Wolken. Plötzlich erblindete ich fast von einem glänzenden Schimmer, der vom Zenith herabgefahren zu seyn schien, und einen Augenblick lang schien jeder Grashalm funfzehn Fuß im Umkreise durch die electrische Materie entzündet zu seyn. Keine Explosion fand Statt, nicht das mindeste Geräusch ließ sich hören, und das Phänomen äußerte seine Wirkung auf durchaus keine andere Weise. Alles blieb ruhig, und ich setzte meinen Weg fort, ohne daß die Erscheinung sich von Neuem gezeigt hätte. Das grobe Gras hatte an jener Stelle einen Fuß Höhe und jeder Halm und jedes Blatt war stark erleuchtet, oder schien vielmehr zu brennen; doch weiter als 15 Fuß konnte ich diese Erscheinung nicht wahrnehmen" [69]).

Das Phänomen zeigt sich öfter zur Zeit von heftigen Schneefällen, und dann sind wohl die herabfallenden Flocken leuchtend. Bei einem Schneewetter, welches in Freiberg Statt fand, und bei dem die Electricität nach den Erfahrungen von Lampadius ungemein stark war, bemerkte der Bergeleve von Thielau an der Halsbrückner Straße an den Zweigspitzen aller Bäume eine starke Phosphorescenz, welche aufhörte, wenn die Zweigspitzen der Bäume zur Erde gebogen wurden. Eben so sahen drei Bergleute auf der andern Seite von Freiberg, daß der Schnee leuchtend zur Erde fiel [70]). An dem Tage, wo diese Erscheinung Statt fand, herrschte ein heftiger Sturm, das Barometer sank sehr schnell; auch fügt Gilbert aus Zeitungsnachrichten hinzu, daß in derselben Nacht zu Presburg in Ungern, also mitten im Continente, ein Gewitter gewesen sey: ein hinreichender Beweis von der großen Störung im Gleichgewichte der Atmosphäre. Dasselbe Phänomen des leuchtenden Schnees hatte Forskall am 22sten April 1759 zu Upsala gesehen [71]); eben so sah man es am Ende März 1823 auf dem Lochawe-See in Argileshire [72]).

---

69) Burchell Reise in Süd-Africa I, 368.
70) Lampadius in Gilbert's Ann. LXX, 13.
71) Bergmann phys. Erdb. II, 78. §. 130.
72) Edinb. phil. Journ. April 1825. S. 105.

Gilbert fügt zu der Erzählung von Lampadius noch mehrere ähnliche Fälle hinzu. So sah Dr. Allamand am 3ten Mai 1821 in der Nähe von Neufchatel, daß sein Hut und Regenschirm leuchteten. Desgleichen bemerkte James Braid zu Leadhills am 20sten Februar 1817, daß die Ohren des Pferdes und der Rand des Hutes ganz leuchtend waren. Einige Zeit darauf fing es an heftig zu schneien und zu regnen. Sobald das Pferd naß geworden war, verschwand das Licht an den Ohren, aber das schwache Licht am Rande des Hutes erlosch nicht eher, als bis der Hut durch und durch naß war. Ehe der Regen anfing, schossen unzählige Funken nach dem Rande des Hutes und den Ohren des Pferdes. Eben so hatte man in der Nacht vom 17ten Januar 1817 an vielen Gegenden der östlichen Küste der vereinigten Staaten von Nord-America Gewitter mit Regen und Schnee. Die Blitze folgten auf einander fast ununterbrochen, aber nur auf wenige folgte Donner. Die Personen, welche sich um diese Zeit im Freien, an etwas hoch liegenden Stellen befanden, sahen den Rand ihrer Hüte, ihre Handschuhe, die Ohren, den Schweif und die Mähnen der Pferde, an den Wegen stehendes Gesträuch, einzeln stehende Baumstämme und dergleichen mit lebhaften, wankenden und verschieden gestalteten Flammen umgeben, welche ein schwaches Geräusch hervorbrachten, ähnlich dem Simmern, welches man beim Kochen des Wassers kurz vor dem Sieden bemerkt.

Es ließe sich die Zahl ähnlicher Erzählungen noch bedeutend vermehren, ich halte es aber nicht für zweckmäßig dieses zu thun. Ich wende mich vielmehr hier, wo von den leuchtenden Erscheinungen der Atmosphäre die Rede ist, zu einem Phänomene, das öfter aus der Electricität abgeleitet worden und für welches bisher noch keine naturgemäße Erklärung gefunden ist. Es sind dieses die Irrlichter oder Irrwische (Ignes fatui, Ambulones, Feux follets), [73]). Man versteht darunter kleine Flammen oder Lichter von verschiedener Größe, die man nicht weit vom Boden, vorzüglich über sumpfigen Orten, Mooren, Kirchhöfen, Schindangern u. s. w. in der Luft schweben und sich mit hüpfender Be-

73) Muncke in Gehler's Wörterb. V, 790.

wegung hin und her bewegen sieht. Dabei soll sich ein Schwefelgeruch zeigen [74]). Bisweilen erscheinen deren mehrere zugleich. Am häufigsten werden sie in warmen Ländern im Sommer und zu Anfang des Herbstes gleich nach Sonnenuntergang gesehen. Die gewöhnlichen haben die Größe einer Lichtflamme; die größern sollen in der Gegend von Bologna, in Spanien u. s. w. zuweilen eine Höhe von 12 Fuß erreichen und weder bei Regen noch bei Wind erlöschen. Von diesen Irrlichtern werden gar sonderbare Dinge erzählt, sie sollen den Menschen immer weiter in die Sümpfe führen, wenn er ihnen folgt, dagegen ihm nachgehen, wenn er ihnen vorauseilt: eine Behauptung, die wahrscheinlich von den Pfaffen des Mittelalters herrührt, nach denen es abgeschiedene Seelen sind, wie ja dieses noch Cardanus [75]) und Sennert [76]) behaupten.

Merkwürdig aber ist es doch, daß kein einziger Physiker das Wesen dieser Lichter näher untersucht hat. Dechales [77]) erzählt zwar, Robert Fludd habe ein Irrlicht verfolgt, zu Boden geschlagen und eine schleimige Materie wie Froschlaich ge- gefunden. Dieselbe Erfahrung, von welcher Bergmann bemerkte [78]), daß sie eine Wiederholung bedürfe, ist auch von Chladni gemacht worden [79]). Er sah 1781 an einem warmen Sommerabend in der Dämmerung kurz nach einem Regen in einem Garten bei Dresden viele leuchtende Punkte im nassen Grase hüpfen, welche sich nach der Richtung des Windes bewegten und deren einige sich an die Ränder des Weges setzten. Sie flohen bei der Annäherung, und es war schwer sie zu erhaschen; diejenigen aber, welche Chladin fing, zeigten sich als kleine gallertartige Massen, dem Froschlaich oder gekochten Sagokörnern ähnlich. Sie hatten weder einen kenntlichen Geruch, noch Geschmack und schienen modernde Pflanzentheile zu seyn. Eben so erwähnt Derham [80]), er sey auf ein Irrlicht zugegangen, das um eine

74) Bergmann phys. Beschr. der Erdkugel II, 66. §. 127.
75) Cardanus de varietate rerum XIV, 69.
76) Sennert epitome natur. scient. Lib. II. cap. 2.
77) Mundus mathematicus T. IV.
78) Bergmann phys. Beschr. der Erdk. II, 66. §. 127.
79) Chladni über den Ursprung einiger Eisenmassen S. 334.
80) Phil. Trans. XXXVI. No. 411.

dernde Distel zu hüpfen geschienen, es sey aber vor ihm ge-
hen. Nach Hanov [81]) soll ein Irrlicht eine italienische Meile
it vor einem Reisenden hergegangen seyn. Unter den wenigen
obachtungen aus neuern Zeiten [82]) möge noch erwähnt werden,
ß Bischoff einmal ein solches sah [83]), und Kastner versichert,
oft und anhaltend an einem sumpfigen Orte neben Heidelberg
obachtet zu haben [84]). Er sah dieselben einige Fuß über der
de, dem etwas verstärkten Leuchten der Johanniswürmchen
nlich und wie eine in Kohlensäure getauchte Flamme verlöschend.
ie hüpfende Bewegung schien bei einigen auf einer optischen Täu-
ung zu beruhen und von mehrern in ungleichen Entfernungen
nell entstehenden und erlöschenden Flämmchen herzurühren, bei
dern dagegen eine bogenförmige Bewegung unverkennbar zu
yn. Daß sie namentlich auf Kirchhöfen oft gesehen sind, glaubt
Luncke nach dem Zeugnisse eines vorurtheilsfreien und wahr-
ften Mannes glauben zu müssen, welcher ihm wiederholt er-
hlte, daß er sie in seiner Jugend beim Besuche der Frühschule
rt häufig gesehen habe; Muncke aber fügt hinzu, es scheine
m auffallend, daß er selbst bei aller Aufmerksamkeit auf dieses
hänomen nur einmal ein solches Licht gesehen habe, ohne wegen
r weiter Entfernung mit Gewißheit gegen Täuschung gesichert
 seyn [85]).

Da es mit den Beobachtungen so schlecht steht, so dürfen
ir uns nicht wundern, daß es mit den Erklärungen noch übler
ssehe. Volta glaubte, daß Kohlenstoffwassergas (Sumpfluft)
rsache der Irrlichter wäre, welche dann durch den electrischen
unken entzündet würde [86]), aber Gehler bemerkt dagegen schon
it Recht, daß man häufig von der Electricität nichts be-
erke [87]), er ist geneigt, sie für phosphorescirende Gasarten zu

81) Physica dogmatica II, 233.

82) Kastner vermuthet, ihre größere Häufigkeit in frühern Zeiten rühre davon her, daß die Sümpfe zum größten Theil in Wiesenland verwandelt und die Friedhöfe aus den Städten gelegt sind. Meteorol. III, 543.

83) Kastner's Archiv V, 178.

84) Das. III, 180 u. Meteorol. III, 543.

85) Gehler's Wörterb. V, 791.

86) Volta Opere III, 46.

87) Gehler's Wörterb. N. Aufl. II, 695.

wegung hin und her bewegen sieht. Dabei soll sich ein Schwefelgeruch zeigen [74]). Bisweilen erscheinen deren mehrere zugleich. Am häufigsten werden sie in warmen Ländern im Sommer und zu Anfang des Herbstes gleich nach Sonnenuntergang gesehen. Die gewöhnlichen haben die Größe einer Lichtflamme; die größern sollen in der Gegend von Bologna, in Spanien u. s. w. zuweilen eine Höhe von 12 Fuß erreichen und weder bei Regen noch bei Wind erlöschen. Von diesen Irrlichtern werden gar sonderbare Dinge erzählt, sie sollen den Menschen immer weiter in die Sümpfe führen, wenn er ihnen folgt, dagegen ihm nachgehen, wenn er ihnen vorauseilt: eine Behauptung, die wahrscheinlich von den Pfaffen des Mittelalters herrührt, nach denen es abgeschiedene Seelen sind, wie ja dieses noch Cardanus [75]) und Sennert [76]) behaupten.

Merkwürdig aber ist es doch, daß kein einziger Physiker das Wesen dieser Lichter näher untersucht hat. Dechales [77]) erzählt zwar, Robert Fludd habe ein Irrlicht verfolgt, zu Boden geschlagen und eine schleimige Materie wie Froschlaich gefunden. Dieselbe Erfahrung, von welcher Bergmann bemerkte [78]), daß sie eine Wiederholung bedürfe, ist auch von Chladni gemacht worden [79]). Er sah 1781 an einem warmen Sommerabend in der Dämmerung kurz nach einem Regen in einem Garten bei Dresden viele leuchtende Punkte im nassen Grase hüpfen, welche sich nach der Richtung des Windes bewegten und deren einige sich an die Ränder des Weges setzten. Sie flohen bei der Annäherung, und es war schwer sie zu erhaschen; diejenigen aber, welche Chladin fing, zeigten sich als kleine gallertartige Massen, dem Froschlaich oder gekochten Sagokörnern ähnlich. Sie hatten weder einen kenntlichen Geruch, noch Geschmack und schienen modernde Pflanzentheile zu seyn. Eben so erwähnt Derham [80]), er sey auf ein Irrlicht zugegangen, das um eine

74) Bergmann phys. Beschr. der Erdkugel II, 66. §. 127.
75) Cardanus de varietate rerum XIV, 69.
76) Sennert epitome natur. scient. Lib. II. cap. 2.
77) Mundus mathematicus T. IV.
78) Bergmann phys. Beschr. der Erdk. II, 66. §. 127.
79) Chladni über den Ursprung einiger Eisenmassen S. 334.
80) Phil. Trans. XXXVI. No. 411.

dernde Distel zu hüpfen geschienen, es sey aber vor ihm ge-
sen. Nach Hanov [81]) soll ein Irrlicht eine italienische Meile
lt vor einem Reisenden hergegangen seyn. Unter den wenigen
obachtungen aus neuern Zeiten [82]) möge noch erwähnt werden,
ß Bischoff einmal ein solches sah [83]), und Kastner versichert,
oft und anhaltend an einem sumpfigen Orte neben Heidelberg
obachtet zu haben [84]). Er sah dieselben einige Fuß über der
de, dem etwas verstärkten Leuchten der Johanniswürmchen
nlich und wie eine in Kohlensäure getauchte Flamme verlöschend.
ie hüpfende Bewegung schien bei einigen auf einer optischen Täu-
ung zu beruhen und von mehrern in ungleichen Entfernungen
nell entstehenden und erlöschenden Flämmchen herzurühren, bei
dern dagegen eine bogenförmige Bewegung unverkennbar zu
n. Daß sie namentlich auf Kirchhöfen oft gesehen sind, glaubt
uncke nach dem Zeugnisse eines vorurtheilsfreien und wahr-
ften Mannes glauben zu müssen, welcher ihm wiederholt er-
hlte, daß er sie in seiner Jugend beim Besuche der Frühschule
er häufig gesehen habe; Muncke aber fügt hinzu, es scheine
n auffallend, daß er selbst bei aller Aufmerksamkeit auf dieses
änomen nur einmal ein solches Licht gesehen habe, ohne wegen
weiter Entfernung mit Gewißheit gegen Täuschung gesichert
seyn [85]).

Da es mit den Beobachtungen so schlecht steht, so dürfen
r uns nicht wundern, daß es mit den Erklärungen noch übler
steht. Volta glaubte, daß Kohlenstoffwassergas (Sumpfluft)
sache der Irrlichter wäre, welche dann durch den electrischen
nken entzündet würde [86]), aber Gehler bemerkt dagegen schon
t Recht, daß man häufig von der Electricität nichts be-
erke [87]), er ist geneigt, sie für phosphorescirende Gasarten zu

81) Physica dogmatica II, 233.
82) Kastner vermuthet, ihre größere Häufigkeit in frühern Zeiten rühre davon her, daß die Sümpfe zum größten Theil in Wiesenland verwandelt und die Friedhöfe aus den Städten gelegt sind. Meteorol. III, 543.
83) Kastner's Archiv V, 178.
84) Das. III, 180 u. Meteorol. III, 543.
85) Gehler's Wörterb. V, 791.
86) Volta Opere III, 46.
87) Gehler's Wörterb. N. Aufl. II, 695.

halten, und eben dieses glaubt Parrot[88]), indem er ein aus Sümpfen entwickeltes Gas (wahrscheinlich ein G aus Phosphorwasserstoffgas und andern Gasarten) a welche sich an der Atmosphäre entzünden. Dagegen bezw Bischoff[89]) diese Hypothese, weil die Irrlichter weder bei gesehen werden, noch auch ein Verpuffen hören lassen, w beides beim Phosphorwasserstoffgas eintritt. Auch Berze meint[90]), es sey diese Entstehung unmöglich, weil die arten die Eigenschaft besitzen, sich schnell mit einander zu gen und weil dann der eigenthümliche widrige Geruch Gasart an allen Stellen verbreitet seyn müßte, wo Irrli entstehen[91]).

In manchen Fällen mögen die Irrlichter allerdings aus lenden thierischen und vegetabilischen Stoffen bestehen, w durch Luftzug in die Höhe gerissen werden, wie dieses die B achtung von Chladni zu beweisen scheint. Aber mit vielen N richten verhält es sich, wie ich glaube, eben so wie mit je frommen Missionar, welcher noch nie Affen gesehn hatte, Africa landete und uns dann erzählte, es gebe dort eine verr Menschenklasse mit Schwänzen, denen er zwar häufig das Ze des Kreuzes vorgemacht hätte, die aber nicht einmal gespro hätten. Kennt man die Localverhältnisse einer Gegend nicht genau, so sind im Finstern so leicht Täuschungen möglich, daß sehr vorurtheilsfreier Beobachter sich irren kann. Lichter in entfernten Häusern können ganz nahe erscheinen. Irre ich ni so macht der Uebersetzer von Volta's Abhandlung über Sumpfluft in einer Anmerkung darauf aufmerksam, man h eine Gegend genannt, in welcher sich viele Irrlichter gezeigt h ten; ein Naturforscher habe sich von ihrer Existenz überzeugt, er sich diesen sehr nahe scheinenden Punkten aber genähert,

---

88) Parrot Physik der Erde S. 470.

89) Kastner Archiv V, 178.

90) Berzelius Chemie I, 356.

91) Daß übrigens hier nicht die Rede von jenen Flammen ist, die über eigentlichen Hydrogenquellen zeigen, bedarf wohl kaum einer wähnung.

›e er gefunden, es seyen mehrere Stunden entfernte Hirten-er gewesen [92]).

In den meisten Fällen sind gewiß leuchtende Insecten Ur-he dieser Erscheinung gewesen, wie dieses Francis Jessop hauptete [93]), und Scheuchzer fügt hinzu: „Dergleichen leben-ge Feuermännlein, welches eigentlich gewisse kleine Käfer sind, t in seinen Reisen auch wahrgenommen mein Bruder D. Joh. cheuchzer bei Florenz und Lauis." Während ältere Reisende ohl von Irrlichtern sprechen, die sie in Aethiopien und andern armen Ländern gesehen haben, erwähnen neuere die Menge von uchtkäfern in jenen Gegenden. So wird z. B. bei Rio Janeiro e Nacht durch Tausende von Leuchtkäfern (Elater phosphoreus, ıoctilucus) gleich Sternen erhellt [94]), und noch mehr ist dieses in n Urwäldern der Fall, und der ganze Habitus derselben erinnert m Theil an das, was von den Irrlichtern erzählt wird. Hören ir einen aufmerksamen Beobachter [95]): Nicht blos am Tage ınn der Entomolog seine Sammlungen in Brasilien vergrößern: ıch während der Nacht kann er sich mit der Jagd der leuchtenden nsecten beschäftigen. Während in Frankreich nur drei oder vier impyren zu leuchten im Stande sind und diese noch dazu sich st stets im Grase aufhalten, durcheilen hier verschiedene Species, e zu mehr als einem Genus gehören, die Luft, und erhellen ese mit ihrem glänzenden Lichte. Bei einigen sind die letzten inge des Bauches mit einer leuchtenden Materie angefüllt; ıdere dagegen tragen auf dem obern Theile ihres Rückens zwei ıchtende Hervorragungen, welche abgerundet sind, von einan-

92) Gelesen habe ich die Thatsache irgendwo, ich glaube in der zu Winterthur erschienenen Uebersetzung von Volta's Abhandlung. Da ich gegenwärtig nur das Original von Volta's Schriften besitze, so kann ich das Nähere nicht angeben. Vielleicht irre ich mich hier in einzelnen Umständen, da ich jene vielleicht vor 6 Jahren gelesene Thatsache nur aus dem Gedächtnisse citire. In den Hauptumständen glaube ich nicht zu irren.

93) Bei Ray Topographical observ. p. 410. in Scheuchzer Naturgesch. des Schweizerl. III, 45.

94) Spix und Martius Reise I, 108.

95) Aug. de St. Hilaire Voyage dans l'intérieur du Brésil I, 33.

der entfernt stehen und sich während des Fluges zu verl
scheinen, am Tage aber als eben so viele in einen braunen,
kupferfarbigen Grund eingesetzte Smaragden glänzen. Die
tenden Coleopteren verbreiten gewöhnlich ein glänzendes und
grünes Licht; einige dagegen zeigen nur einen dunkeln r
Schein, ja es giebt noch andere, bei denen einige Ringe des
ches mit einem grünen, andere mit einem gelben Lichte e
sind. Nichts ist unterhaltender, als die Beobachtung dieser
schiedenen Insecten in einer dunkeln Nacht an Stellen, n
häufig sind. Mehr oder weniger große, stärker oder schw
leuchtende Punkte durchkreuzen die Luft nach allen Richtu
glänzen einen Moment und zeigen sich dann an einer entfer
Stelle. Nicht bei allen Gattungen von Leuchtkäfern ist der
übereinstimmend: einige erheben sich zehn oder zwölf Fuß
oder noch höher; andere im Gegentheil bleiben nur einige Fu
der Erde; die meisten fliegen horizontal; aber an sumpfigen
len findet man eine kleine Art, welche sich wie ein Funke in
schiefen Richtung in die Höhe schleudert, einen Moment fi
und dann verschwindet. Es ist bekannt, daß die Leuchtkäf
Eigenschaft besitzen, die leuchtende Substanz, welche sie fü
zu verbergen oder zu schwächen; aber auch selbst in diesem
offenbart sich ihre Gegenwart durch die gelbe Farbe der Stell
welcher sie verborgen ist, und wenn die Thiere leben, so i
von ihnen ausgehende Helligkeit oft hinreichend, um im Du
die nächsten Gegenstände zu unterscheiden. Als ich eines A
in der Umgegend von Rio Janeiro spatzieren ging, bemerk
auf der Erde eine helle Scheibe von mehr als einem Zoll D
messer. So wie ich näher kam, floh das Licht von mir; ic
an zu laufen, es verdoppelte seine Geschwindigkeit; jedoch
ich hinreichend nahe, um zu bemerken, daß in der Mitt
Scheibe ein heller Punkt sey, und mich zu überzeugen, daß
Licht von einem kleinen Insecte ausginge, welches nach langer
folgung unter eine Gartenthür kroch und mir entging."

Ob unsere Johanniswürmchen im Stande sind, die Er
nungen zu erzeugen, welche hier und da erzählt werden? W
sich aber auch hiemit verhalten möge, so glaube ich, daß di
tersuchung des ganzen Gegenstandes mit Unrecht in die Lehrb

r Meteorologie verwiesen ist, daß es vielmehr ein chemisches der physiologisches Phänomen ist.

Ich wende mich zu einem Phänomene, welches sehr häufig begleiter der Gewitter ist, und dessen Erklärung sehr schwierig ist, a dem Hagel [96]). Wenn dieser herabfällt, so findet entweder in eigentliches Gewitter Statt, oder es hat die Luftelectricität doch inen sehr hohen Grad von Stärke. Dieses ist auch der Grund, weshalb ich dieses Phänomen nicht schon bei den übrigen Hydrometeoren abgehandelt habe.

Man pflegt den Hagel häufig in zwei oder auch in drei Klassen abzutheilen. Die erste Klasse bezeichnet man mit dem Namen der Graupeln (grésil). Meistens sind dieses vollkommen runde, nur selten durch einzelne Hervorragungen von der runden Gestalt abweichende Körner, deren Durchmesser größtentheils kleiner als ine Linie ist, aber auch bis zu zwei Linien steigen kann. Die einzelnen Körner sind stets undurchsichtig, mehr oder minder der Weiße des Schnees sich nähernd; bei größerer Dicke nehmen sie zuweilen einen dünnern Ueberzug von Eis an. Diese Klasse von Hagel zeigt sich besonders im Winter und Frühlinge, und es findet dabei nicht immer ein Gewitter Statt, ja meinen Erfahrungen zufolge kommen sie größtentheils ohne Gewitter zur Zeit von Stürmen und heftigen Bewegungen der Atmosphäre.

Von den Graupeln unterscheidet man den eigentlichen Hagel, welcher sich besonders im Sommer zur Zeit von Gewittern zeigt. Er hat gewöhnlich eine birn- oder pilzartige Gestalt, eine Spitze

---

96) Ausführliche Literatur über den Hagel von Muncke in Gehler's Wörterbuch, Art. Hagel. Lichtenberg über den Hagel in seinen Schriften VIII, 85. Volta sopra la grandine in Volta Opere T. I. P. II. p. 353. Ursprünglich in Brugnatelli's Giornale di Fisica 1808 und den Memorie de l'Istituto nationale Italiano T. I. Part. II, daraus in Gehlen's Journal VII, 67. Prechtl Beiträge zur electrischen Meteorologie in Gehlen's Journal VII, 241. L. v. Buch über den Hagel in den Abh. d. Berl. Acad. 1814 u. 15. S. 73. Arago über den Hagel in Poggendorff's Annalen XIII, 344. Ideler über den Hagel, daselbst XVI, 499 u. XVII, 435. Bellani's Abhandlung in Brugnatelli's Giorn. T. X. p. 369 konnte ich nicht erhalten. Olmsted über die Ursachen der Hagelwetter in Schweigger-Seidel's neuem Jahrbuch I, 154.

oben und ein halbkreisförmiges Segment an der gegenüberstehenden Seite [97]). Die Körner fallen meistens dergestalt, daß die Spitze stets nach oben gerichtet ist, wie dieses Buch bei verschiedenen Hagelwettern beobachtet hat und wie es von selbst aus der Lage des Schwerpunktes folgt. Buch fügt die auch von andern Beobachtern bemerkte Thatsache hinzu, er habe nie vollkommen durchsichtige Hagelkörner getroffen, sondern stets seyen sie milchig und trübe, mit verschiedenen Schichten gewesen. Bei allen Hagelwettern, wo ich Beobachtungen anstellte, habe ich die Richtigkeit dieser Behauptung gefunden; bei den heftigern Niederschlägen jedoch fand ich um die Körner stets einen glänzenden Ueberzug, ob dieser aber aus Wasser oder aus einer durchsichtigen Eisrinde bestand, ließ sich nicht immer entscheiden. Ich bin jedoch geneigt, diesen Ueberzug für Eis zu halten, wie folgende Erfahrung beweist. Bei dem heftigsten von mir beobachteten Hagelwetter am 11ten Junius 1827 lernte ich mehrere Thatsachen kennen, welche nicht nur die Existenz dieser Eisrinde bewiesen, sondern auch zugleich mehrere merkwürdige Umstände in Betreff der Aenderungen der Gestalt während der Dauer der Entladungen zeigten. Anfänglich nämlich, wo das frisch gebildete Gewitter sich dem Zenith näherte, fielen einige große Regentropfen, die bald aufhörten, und nach kurzer Zeit fielen Hagelkörner von 1 bis 2 Linien Durchmesser von der birnförmigen Gestalt, die Buch angiebt, und nur mit einem glänzenden Ueberzuge versehen. Der Hagelschlag hörte nach wenigen Minuten auf, es erfolgte Regen, und nach einer Pause zeigte sich neuer Hagel, unten bereits mit einem glänzenden Meniscus von Eis umgeben, dessen Dicke im Maximum etwa 0,2 bis 0,3 Linien betrug. Eben so wie es in der Regel beim Schnee der Fall ist, war die Gestalt der Hagelkörner bei jedem Niederschlage nahe dieselbe [98]); trat aber nach einer Pause ein neuer Niederschlag ein, so war die Form geändert und das Eis erhielt bei den später herabfallenden Körnern ein immer größeres Uebergewicht. Es waren nämlich bei den spätern Niederschlägen meistens vollkommen runde und undurchsichtige Graupeln, welche den Kern des Hagels bildeten, einen Durchmesser von noch nicht einer Linie hatten, aber so dick mit Eis umgeben waren, daß die ganze

97) Buch in Abh. d. Berl. Acad. 1814.

98) Bd. I. S. 410.

ganze Masse einen Durchmesser von 2 bis 4 Linien hatte. Das Eis selbst war völlig durchsichtig und nur in den einzelnen Körnern glaubte ich zuweilen kleine Luftbläschen zu bemerken, ohne indeß diese letztere Wahrnehmung für völlig entschieden auszugeben. Einige dieser Massen glichen vollkommen dreiseitigen Kugelsectoren, eine Gestalt, welche Delcros für die allgemeine hält[99]); andere gleichen im Allgemeinen planconvexen Linsen, ebenfalls mit einem Kerne in der Mitte. Diese Gestalt hatte auch Adanson bei einem Gewitter zu Paris am 7ten Julius 1769 beobachtet. Die planconvexen Linsen hatten einen Durchmesser von 9 Linien und waren so durchsichtig und regelmäßig gebildet, daß sie beim Hindurchsehen die Gegenstände ohne Verzerrung vergrößerten [1]). Diese vollkommen regelmäßige Gestalt hatten die von mir beobachteten Massen nicht, war auch die ebene Seite vollkommen glatt, so zeigten sich auf der abgerundeten eine Menge kleiner kugelförmiger Erhöhungen. Obgleich ich bei diesem länger als eine Stunde (mit abwechselnden Pausen) anhaltenden Hagelwetter die Gestalt vieler Körner beobachtete und alle Thatsachen sogleich aufzeichnete, finde ich kein einziges vollkommen durchsichtiges Korn erwähnt. Aus diesem gleichzeitigen Vorkommen von undurchsichtigem Schneekern und durchsichtigem Eise, folgert Arago mit Recht, daß es sehr wahrscheinlich sey, daß Kern und Rinde sich auf verschiedene Art gebildet haben [2]).

Delcros hält die Gestalt dreiseitiger Kugelsegmente für die allgemeinste, und er glaubt, der Hagel bilde sehr große Kugeln mit einem weißlichen Kern im Centro, umgeben von einer Eiskugel, welche nach außen von einer in Zacken auslaufenden Hülle mit ausgefüllten Zwischenräumen umgeben sey. Diese Kugeln sollen dann durch eine Explosion zerplatzen, so daß nur ihre Bruchstücke, jene sphärischen Pyramiden, auf die Erde fallen. Delcros fügt hinzu, er habe die nicht zerplatzten Kugeln bei einem Hagelwetter zu la Braconnière im Departement Mayenne gesehen, welche die zähen Dachschiefer zerschlugen und viele Verwüstungen anrichteten. Aber Muncke bemerkt mit Recht gegen diese Annahme von Del-

99) Bibl. univ. XIII, 154. Gilbert's Annalen LXVIII, 323.

1) Arago in Poggendorff's Annalen XIII, 347.

2) Poggendorff's Annalen XIII, 346.

cros, daß es sehr schwer halte, sich eine solche Explosion zu ken[3]); außerdem hatten alle von mir gesehenen pyramidalen ner das Ansehen, als ob sich die durchsichtige Eismasse um de der Mitte befindlichen kugeligen Schneekern gelegt hätte. A aber Eis entsteht, so wird es durch Krystallisation ähnliche Ge ten annehmen, wie dieses der Schnee zeigt[4]). Abänderun welche stets auf diese Gestalt zurückführen, scheinen öfter vo kommen. So sammelte Adanson in Paris Hagelkörner, w die Gestalt sechsflächiger, sehr stumpfer Pyramiden von Linien in der Länge und drei in der Breite besaßen[5]). Ebe sah Péron in Neu-Süd-Wales bei einem heftigen Hagelw Körner, welche eine längliche Figur von unregelmäßig prism scher Gestalt hatten[6]).

Diese beiden Arten von Hagel werden häufig als zwei schiedene Bildungen angesehen, ich kann indessen keinen an Unterschied zwischen ihnen finden, als die Größe. Die klei Graupeln fallen meistens im Winter und Frühlinge; Schl und der eigentliche Hagel, der im Sommer fällt, nimmt in feuchtern Atmosphäre eine größere Gestalt an.

Arago nimmt noch eine dritte Klasse von Hagel an, welcher man niemals den Schneekern im Innern findet; die K ner sind hier eben so klein als bei den meisten Graupeln, abe unterscheiden sich von diesen durch ihre Durchsichtigkeit. D Körner entstehen durch Regentropfen, welche aus einer W herabfallend unten in eine kältere Luft kommen und hier gefrie Die Seltenheit der Umstände, welche eine so abweichende Tem raturvertheilung in verschiedener Höhe herbeizuführen vermö erklärt, weshalb diese Gattung von Hagel so wenig beobac ist[7]). Es sind diese Bildungen die Bd. I. S. 406 erwähnten frornen Regentropfen, deren Entstehung aber ganz von der Hagels abzuweichen scheint.

---

3) Gehler's Wörterb. V, 38.

4) Bd. I. S. 407.

5) Poggendorff's Annalen XIII, 347.

6) Péron Voyage I, 396.

7) Poggendorff's Annalen XIII, 346.

Die Größe des Hagels ist sehr verschieden. Muncke glaubt, aß in mittlern Breiten der Durchmesser eines Hagelkornes nicht iber $1\frac{1}{2}$ bis $1\frac{3}{4}$ Zoll gehe, größere Massen seyen durch die Verinigung von mehreren Körnern entstanden [8]). Die Größe der usammengeballten Körner ist oft sehr bedeutend. So fiel nach Halley am 29sten April 1697 zu Flintshire in Wales Hagel von 5 Unzen Gewicht, und Taylor beobachtete am 4ten Mai desselen Jahres in Hartfordshire Körner, die 14 Zoll im Umfang hatm. Parent berichtet, daß am 15ten Mai 1703 zu le Perche Hagel von Faustgröße gefallen sey. Am 11ten Julius 1753 las Montignot zu Toul Schloßen auf, die die Form unregelmäßiger Polyeder und einen Durchmesser von 3 Zoll besaßen. Diese großen Körner bestanden aus einer Vereinigung von mehrern leinern, die vor dem Falle auf die Erde zusammengebacken waren [9]). Eben so beobachtete Musschenbroek zu Utrecht 1736 ein starkes Hagelwetter, bei welchem die meisten Körner ie Größe eines Taubeneies hatten, einige aber, die aus mehrern usammengesetzt waren, erreichten die Größe eines Hühnereies [10]). rookshank berichtet von einem Gewitter, welches er in Nordmerica erlebte, wobei Hagelkörner von 13 bis 15 Zoll Umang herabfielen, aber aus mehrern kleinern zusammengebacken wären [11]), und Hagelmassen, größer als Hühnereier, kommen in Nordamerica nach Olmsted alle Jahre vor [12]). Bei einem Gewitter, welches sich über der Stadt Como und deren Umgegend der Nacht vom 19ten und 20sten August entlud, fielen Schloen wie Hühnereier. Man sammelte sehr viele, die mehr als Unzen wogen [13]). Eben so fand Lampadius bei dem schrecklichen Hagelwetter in Beverungen im Jahr 1792 noch nach 4 Tagen in den Kellern zusammengeflossene Haufen Hagel und arunter Stücke von 13 Loth schwer, Nöggerath aber 1822 m 7ten Mai, als ein furchtbares Gewitter die Gegend um Bonn

8) Gehler's Wörterb. V, 32.
9) Arago in Poggendorff's Annalen XIII, 347.
10) Musschenbroek Introd. §. 1495.
11) Gehler's Wörterb. V, 35.
12) Schweigger's Jahrb. N. R. XXXI, 155.
13) Arago in Poggendorff's Annalen XIII, 348.

verwüstete, Hagelkörner von 2, 3, 4 bis 12 Loth an wicht [14]). In demselben Jahre waren viele verheerende Ge ter, namentlich am 9ten Junius in Trient, wobei Hagelkö von 8 bis 16 Unzen Gewicht die Dachziegel zerschmetterten Im Jahre 1802 fiel bei Annaberg Hagel, wovon einzelne St ein Pfund wogen, und bei Buck im Posener Departement von Größe einer geballten Mannsfaust [16]). Im Jahre 1801 Muncke in Hannover Hagelkörner von 8 Loth Gewicht in Me gewogen, allein keins von 16 Loth Gewicht; in Herrenha aber fand man in der Dammerde des botanischen Gartens andern Tage Eindrücke wie durch die Unterschaale einer mitt Kaffeetasse gemacht, welche auf Hagelkörner von mehr als Pfund Gewicht deuteten [17]).

Es ließen sich diese Erzählungen von großem Hagel durch viele andere vermehren, vielen Thatsachen fehlt es ind an hinreichenden Beweisen. Es mag nicht selten gesch seyn, daß mehrere erst an der Erde zusammengeschmolzene S sen als vom Himmel herabgefallene angesehen wurden. Ange aus ältern Chroniken, wie sie uns Scheuchzer mittheilt, daher ohne Gewicht. Zuweilen gränzen die Erzählungen Abenteuerliche. So theilt Gilbert [18]) aus öffentlichen Blät folgende Erzählung mit: Am 8ten Mai 1802 fiel in Ungern dem Dorfe Putzemischel während eines Gewitters und Hagel ters ein viereckiger Eisklumpen aus der Luft, 3 Fuß lang, 3 breit und 2 Fuß hoch. Acht Männer vermochten nicht, ihn zuheben; man schätzte ihn auf 11 Centner und nach 3 Tagen man noch Ueberbleibsel davon. Nicht weit davon lag noch zweiter Hagelklumpen von der Größe eines guten Reisekof Muncke, welcher diese Thatsache mit Recht in Zweifel z fügt noch eine andere eben so abenteuerliche Erzählung hi wonach in Mysore eine Hagelmasse von der Größe eines Eleph ten herabgefallen seyn soll [19]). Eben so sollen in Potsdam

14) Schweigger's Jahrb. N. R. VIII, 84.
15) Muncke in Gehler's Wörterb. V, 83.
16) Gilbert's Annalen XVI, 75.
17) Muncke in Gehler's Wörterb. V, 84.
18) Gilbert's Annalen XVI, 75.
19) Gehler's Wörterb. V, 86.

Jahre 1767 Massen von der Größe eines Kürbisses herabgefallen seyn, fast alle Fensterscheiben zerschlagen, mehrere Ochsen getödtet und einem Bauer einen Arm abgeschlagen haben. Mit diesem öfter angeführten Hagel aber verhält es sich nach Nicolai's Sammlung von Anekdoten über Friedrich II. folgendergestalt. Ein Fremder, der von Berlin kommend, dem Könige in Potsdam vorgestellt wurde, antwortete diesem auf die Frage, was es in Berlin Neues gäbe, man erwarte dort baldigen Krieg. Der König, um die Berliner auf andere Gegenstände zu bringen, ließ durch einen seiner Vertrauten die Erzählung von jenem Hagelwetter gleichzeitig in die beiden Berliner Zeitungen rücken und diese wurde von hier aus weiter verbreitet. Obgleich von Potsdam, wo es völlig heiteres Wetter gewesen war, viele Widerlegungen einliefen, wurde keine von diesen aufgenommen.

Zuweilen enthält der Hagel fremdartige Massen in sich eingeschlossen. So erzählt Maternus von Cilano, er habe im Junius in einem trierischen Dorfe in den gefallenen Hagelsteinen kleine Spreu mit Schnee umgeben und mit Eisrinde überzogen beobachtet [20]), und er fügt hinzu, daß Scheuchzer [21]) und Fromondus [22]) dasselbe gesehen hätten. Bei einem Hagelwetter in Flandern enthielten einige Hagelkörner eine dunkelbraune Substanz [23]) und eben so hat man auf dem Paramo von Guancos in einer Höhe von 2300ᵗ rothen Hagel gefunden [24]). Im Jahre 1755 fiel beim Toben des Katlegiaa auf Island ein Hagel, von welchem jedes Korn etwas Sand oder vulcanische Asche enthielt [25]). In diesen Fällen ist es leicht begreiflich, wie die in die Höhe gehobenen Massen dann, wenn ihre Temperatur hinreichend niedrig war, die Mittelpunkte von Hagelkörnern werden konnten, indem sich der Dampf auf ihrer Oberfläche niederschlug. Schwieriger aber sind die beiden folgenden Thatsachen zu erklären. Es fiel nämlich im Jahre 1821 in Irland Hagel mit einem eingeschlosse-

20) Hamburger Magazin XVII, 80.
21) Breslausche Sammlungen IX, 90.
22) Fromondus Meteorol. lib. V. cap. 8. p. 342.
23) Phil. Trans. No. 203. p. 858.
24) Humboldt in Schweigger's Jahrb. N. R. XIV, 452.
25) Muncke in Gehler's Wörterb. V, 37.

chen metallischen Kerne, welchen Pictet deutlich für Schwefelkies erkannte [26]). Diese von Gilbert bezweifelte Thatsache ist durch ein ähnliches Phänomen in Sibirien bestätigt worden. In den Hagelkörnern, welche am 15ten August 1824 zu Sterlitamansk im Orenburgischen Departement herabfielen, wurden Octaeder von etwa 3 Linien Seite und fast 1 Linie Höhe gefunden, welche nach der Untersuchung von Eversmann den goldhaltigen Schwefelkiesen von Beresowsky glichen [27]).

Die Hagelwetter zeigen sich meistens am Tage, und da sie in der Nacht seltener vorkommen, so wurde wohl angenommen, daß sie in der Nacht nicht Statt finden, ja daß zu ihrer Entstehung das Tageslicht erforderlich sey [28]). Wir dürfen jedoch nicht vergessen, daß es während der Nacht wenige Beobachter giebt, und daß es im Dunkeln sehr schwer wird zu bestimmen, ob die herabfallenden Massen Hagel oder Regentropfen sind. Wenn der Beobachter nicht Hagel selbst sammelte, oder das Hagelwetter keinen bedeutenden Schaden anrichtete, so findet er ihn am Morgen meistens geschmolzen und er hält also den Niederschlag für Regen. Jedoch ist eine ziemliche Anzahl nächtlicher Hagelwetter bekannt. So beobachtete Hasselquist einen nächtlichen Hagel auf seiner Reise nach Palästina [29]), eben so Péron in der Nacht vom 14ten bis 15ten Junius 1802 auf der Küste von Neu-Holland [30]), und in demselben Jahre war ein sehr starkes nächtliches Hagelwetter bei Buck im Regierungsbezirke Posen [31]); eben so bemerkt Wöllner, daß er das Fallen des Hagels während der Nacht beobachtet habe [32]). Am 30sten Januar 1741 fiel Nachts zu Montpellier Hagel [33]). Auch Bellani führt drei ihm bekannte nächtliche Hagelwetter an; eins am Comersee um Mitternacht vom 27—28sten August 1778, das zweite daselbst und um dieselbe

26) Gilbert's Ann. LXXII, 436.
27) Ebend. LXXVI, 340.
28) Maternus v. Cilano von den Ursachen des zur Nacht fallenden Hagels, im Hamburger Magazin XVII, 76.
29) Hasselquist Reise S. 17.
30) Péron Voyage I, 341.
31) Gilbert's Annalen XVI, 75.
32) Kastner's Archiv I, 311.
33) Mém. de l'Acad. 1741. p. 218.

Zeit vom 19ten bis 20sten August 1787, und das dritte bei Anbruch des Tages im Julius 1806 [34]). In der Nacht vom 25sten bis 26sten Julius 1822 fand ein sehr lebhaftes Gewitter Statt, welches nach den von Raschig eingezogenen Nachrichten um Mitternacht in Meißen war, und bei dem so viel Hagel fiel, daß man die Früchte nicht mehr erkennen konnte, welche auf den Aeckern gestanden hatten, und Hunderte von Staaren erschlagen auf dem Felde fand [35]). Auch im Waadtlande richtete ein Hagelwetter in der Nacht vom 22sten bis 23sten Julius 1826 vielen Schaden in den Weinbergen an [36]). Nachdem am 16ten Julius 1829 in Halle schon Nachmittags ein Gewitter gewesen war, erhob sich gegen 11 Uhr Abends ein zweites mit heftigem Regen und Hagel, wobei einige von mir gesammelte Körner einen Durchmesser von mehr als 2 Linien hatten.

Obgleich die eben erwähnten Fälle, welche ich größtentheils aus den Arbeiten von Arago, Ideler und Muncke entnommen habe, hinreichend zeigen, daß auch während der Nacht Hagel entstehen könne, so halte ich es für zweckmäßig, bei dem allgemein herrschenden Vorurtheile über die Unmöglichkeit von nächtlichem Hagel, die von Maternus von Cilano gesammelten Erfahrungen [37]) hinzuzufügen. Scheuchzer erzählt folgende Fälle: Im Jahre 1449 ereignete sich am Montage vor Oswald eine ungewöhnliche Witterung zu Basel um 10 Uhr Abends mit Wetterleuchten, Donner, Sturm und Hagel. Auf St. Peter und Pauli Abend 1502 kam zu Zürich über den Berg Albiß ein solch grausames Wetter, dergleichen sich niemand zu gedenken mochte. Der Hagel erschlug alles eine halbe Meile ob der Stadt. Den 21sten Junius 1574 um Mitternacht haben sich zwei schwere Gewitter zugetragen, da der Strahl in viel Bäume geschlagen. Im Wagenthal fielen Hagelsteine wie Hühnereier. Den 20sten August eben dieses Jahres zu angehender Nacht hat der Hagel im

34) Brugnatelli Giornale X,369. Muncke in Gehler's Wörterb. V,47. Arago in Poggendorff's Annalen XIII, 344.

35) Gilbert's Annalen LXXII,434.

36) Bibl. univ. XXXIII,50.

37) Hamburger Magazin XVII,97.

Veltlin an etlichen Orten großen Schaden gethan. Den 18ten Mai 1578 auf den Abend kam ein schweres Gewitter mit großem Hagel. Am Auffahrt Abende 1584 folgte ein schädlicher Hagel über die Stadt und Landschaft Zürich. Den 4ten Junius 1586 auf den Abend kam ein schwerer Regen, darunter eine Menge Hagelsteine an Größe wie Bohnen. Den 14ten Julius 1597 um Mitternacht fing es an erschrecklich zu blitzen und zu donnern. So schlug an der Hagel an vielen Orten, sonderlich im rothenburger Amte, lucerner Gebietes, daß keine Sichel auf das Feld kam. Den 7ten Junius 1623 bei angehender Nacht fiel plötzlich ein ungestüm Wetter mit Schlagregen, Donner, Blitz und Hagel. Den 12ten Heumonats 1686 Abends um 9 Uhr hat sich ein ungemeiner Hagel, meistens nur über die Stadt Zürich ausgeleert. Diesen von Scheuchzer erzählten Thatsachen fügt der Verfasser noch die folgenden hinzu: Den 11ten Julius 1689 ist in Wien und der Umgegend zwischen 9 und 10 Uhr erstaunlich großer Hagel gefallen, der viel Schaden anrichtete. Den 4ten Julius 1719 hat sich zu Triest zwischen 11 und 12 Uhr Nachts ein Gewitter mit Hagel entladen; eben so war am 25sten Julius 1723 in Nürnberg gegen 10 Uhr Abends ein Hagelwetter. Des Nachts zwischen dem 29sten und 30sten Julius 1723 hatte man in Genf ein erschreckliches Gewitter mit Hagelsteinen, welche so groß wie Nüsse, ja zum Theil so groß als kleine Hühnereier waren. Den 14ten Mai 1724 war zu Käsmark in Ungern ein Sturm, welcher sich zwar vor Abends gelegt; doch entstand bald ein großes Wetterleuchten und um 9 Uhr Regen mit Hagel untermischt. Den 24sten Mai 1725 war zugleich des Nachts ein starkes Gewitter in Eperies und der dabei gefallene Hagel that an vielen Orten großen Schaden. Am 17ten Junius gegen 2 Uhr Morgens fiel in demselben Jahre in der Oberpfalz Hagel. Den 11ten Februar 1741 früh um 4 Uhr fiel zu Altona viel Hagel, eben dieses geschah daselbst am 23sten März 1751 früh um 5 Uhr und am 11ten November 1751 Abends um 7 Uhr. Am 27sten November 1750 fiel zu Bielitz in Oberschlesien Abends um 8 Uhr ungewöhnlich großer Hagel.

Diesen Thatsachen will ich noch einige andere hinzufügen, welche ich in den Mannheimer Ephemeriden gesammelt habe, und welche sich vielleicht auf das Doppelte vermehren ließen, wenn

die darin mitgetheilten Tagebücher an allen Orten und in allen Jahren sorgfältig verglichen würden. Ich will hier die einzelnen Niederschläge nach den Orten mittheilen:

Andex: Regen und Hagel in der Nacht vom 17ten — 18ten August 1785 um $1\frac{1}{4}$ Uhr Morgens.

Berlin: Schnee und Hagel in der Nacht vom 3ten bis 4ten December 1786.

Brüssel: Hagel am 2ten Februar um 3 Uhr Morgens, um Mitternacht vom 25sten bis 26sten März und am 21sten November um 6 Uhr Morgens 1786; Gewitter, Regen und Hagel am 2ten Februar 1791 Morgens 6 Uhr.

Gothaab auf Grönland: Hagel in der Nacht vom 22 — 23sten October, 2 — 3 November, 28 — 29 November, 23 December um 6 Uhr, Nachts vom 28 — 29 December 1786; Schnee und Hagel in der Nacht vom 7 — 8 Januar, 8 — 9 Januar, 14 — 15 Januar, 2 März 6^h Morgens, Nachts vom 13 — 14 März, 26 — 27 März, 3 Mai um $5\frac{1}{2}^h$ Morg.; Regen, Schnee und Hagel in der Nacht vom 11 — 12ten Mai 1787.

St. Gotthardt: Gewitter, Schnee und Hagel um Mitternacht vom 7ten bis 8ten August 1782; Regen, Schnee und Hagel in der Nacht vom 22sten bis 23sten Julius 1784; Gewitter, Regen und Hagel in der Nacht vom 7 — 8ten August 1791.

München: Regen und Hagel am 14ten December 1786 Morgens um 5 Uhr, desgleichen am 30sten April 1787 um dieselbe Zeit, und in der Nacht vom 4ten bis 5ten Julius 1788.

la Rochelle: Gewitter in der Nacht vom 12 — 13 Julius 1788, um $5\frac{1}{2}$ Uhr Hagel.

Rom: Regen und Hagel am 11ten Februar 1782 um 5 Uhr Morgens; am 21sten Januar 1784 um 6 Uhr M., am 24sten Januar 1784 um 4 Uhr M., am 30sten März 1784 um 3 Uhr M., am 21sten u. 22sten October 1784 um 7 Uhr M.; bloßer Hagel am 5ten April 1785 um 6 Uhr M., Regen und Hagel am 1sten März 1788 um

2 Uhr M.; Gewitter, Regen und Hagel am 13ten Mai 1786 um 4 Uhr Morgens.

Sagan: Hagel am 1sten November 1786 um 6½ Uhr Morgens, am 18ten März und am 7ten November 1787 beides um 5 Uhr Morgens.

Würzburg: Hagel in der Nacht vom 19ten auf den 20sten September 1781, und in der Nacht vom 22—23sten August 1783.

Der kleinere Hagel, die Graupeln, gehört dem Winter und dem Frühlinge. Wenn im Winter der Schnee mit stürmischem Wetter fällt, so ist er häufig mit Schloßen vermischt, doch sind die Körner meistens klein und haben eine nicht sehr große Festigkeit. Fällt er aber mit Regen, dann ist er fester und größer, und ich habe auch zweimal auf Graupelkörnern den früher erwähnten glänzenden Eisüberzug wahrgenommen. Wenn aber im Frühlinge die Temperatur steigt, dann zeigen sich häufig bei stürmischem Wetter von Graupeln begleitete Regenschauer, welche sich oft mehrere Tage abwechselnd mit Sonnenschein wiederholen. Die Zeit derselben ist in Deutschland meistens im April, zuweilen im Mai, seltener im Junius. Diese Witterungsdisposition ist jedesmal daran kenntlich, daß bei ziemlich milder Temperatur bei jedem wiederkehrenden Gewitterschauer, selbst auch wenn die Wolken, ohne den allezeit nur partiellen und zuweilen nur auf kurze Strecken beschränkten Regen, mit Verdunkelung der Sonne vorübergehen, eine fühlbare Kälte eintritt [38]). Die dem Schnee beigemischten Graupeln sind häufig auf hohen Bergen, wie dieses schon Scheuchzer [38a]), Beccaria und Fromondus bemerkt haben [39]). Eben so findet Saussure aus einer langen Reihe von Beobachtungen, daß auf den höhern Alpen 11 Mal Graupeln auf ein Hagelwetter kommen, und zwischen dem Schnee auf dem Col du Geant und selbst auf dem Montblanc findet man häufig Graupelkörner [40]). Eben so zeigen sich in den höhern Regionen der Aequinoctialgegenden häufig Graupeln [41]).

38) Muncke in Gehler's Wörterb. V, 40.
38 a) Scheuchzer Naturhistorie des Schweizerlandes III, 20.
39) Musschenbroek Introd. §. 2393.
40) Saussure Voyage §. 2075.
41) Humboldt Voyage VI, 350.

Wollen wir aber allgemein die Vertheilung der Hagelwetter im Jahre bestimmen, so tritt hier bei der fast allgemein angenommenen Unterscheidung der Graupeln und des eigentlichen Hagels, der Uebelstand ein, daß wir bei Betrachtung einzelner Phänomene nicht wissen, ob wir den Niederschlag zum Hagel oder zu den Graupeln rechnen sollen. Es zeigt sich hier dieselbe Schwierigkeit, die wir so häufig in den Naturwissenschaften finden: Erscheinungen und Bildungen nämlich, die einige Aehnlichkeit haben, lassen sich im Allgemeinen sehr bequem in mehrere Klassen abtheilen, aber es wird schwer, speciell an einer Erscheinung nachzuweisen, zu welcher Klasse sie gehöre. So finden wir auch hier einen Uebergang von den Graupeln zum Hagel, und es scheint mir die ganze Eintheilung durch hypothetische Ansichten über die Bildung dieses Niederschlages gemacht zu seyn. Wollen wir annehmen, daß der Hagel sich mit Gewittern, die Graupeln ohne Gewitter zeigen, dann wird jedenfalls die Eintheilung sehr gezwungen, da beide Erscheinungen von einer mehr oder weniger lebhaften Electricität begleitet sind und es vielleicht nur einer unbedeutenden Vergrößerung in der Spannung der Electricität bedarf, damit ein eigentliches Gewitter entstehe. Eben so wenig können wir die Größe der Körner bei der Classificirung zum Grunde legen. Bei heftigen Stürmen habe ich im Frühlinge und Winter bei Graupelschauern Körner gefunden, welche größer waren, als bei von Gewittern begleiteten Hagelschauern im Sommer. Und überhaupt würde die bloße Größe das schlechteste Criterium bei Behandlung dieses Gegenstandes seyn. Im Winter, wo die Luft weniger Dämpfe enthält, als im Sommer, sind die Regentropfen kleiner als in der warmen Jahreszeit, und dasselbe muß nothwendig von den Hagelkörnern gelten. Erwägen wir gar, daß bei demselben Niederschlage auf der Spitze von Bergen kleinere Körner fallen, als in der Tiefe, daß also die Tropfen wahrscheinlich während des Falles selbst größer werden [42]), gerade so wie dieses bei den Regentropfen der Fall zu seyn scheint; so wird die Eintheilung hiedurch noch mehr erschwert, da der in der Höhe wohnende Beobachter Graupeln, der tiefere aber Hagel aufzeichnet.

---

42) Olmsted in Froriep's Notizen XXVIII, 114.

Bei dieser Schwierigkeit, die beiden Phänomene zu sondern, habe ich in den folgenden Tafeln die Zahl aller Tage, an denen Hagel herabfiel, in verschiedenen Gegenden größtentheils nach den Mannheimer Ephemeriden angegeben; dabei habe ich jedoch diejenigen Orte ausgeschlossen, an denen Hagel so selten war, daß ich annehmen mußte, der Beobachter habe auf dieses Phänomen nicht gehörig geachtet. Die Vertheilung im Jahre habe ich eben so wie bei den frühern Vergleichungen durch Procente aller Hageltage im Jahre ausgedrückt.

Frankreich und Niederlande.

Monat	la Rochelle	Middelburg	Brüssel	Franecker[43])
Januar	1,25	2,17	1,38	2,9
Februar	1,50	1,67	1,00	1,4
März	1,25	2,50	1,63	2,3
April	1,62	3,00	1,75	3,8
Mai	0,88	1,50	1,37	1,8
Junius	0,13	0,17	0,88	0,4
Julius	0,38	0,43	0,12	0,1
August	0	0,71	0,25	0,3
September	0	0,86	0,25	0,4
October	0,50	2,50	0,12	1,0
November	0,75	2,83	0,50	5,2
December	1,00	1,83	1,00	2,1
Jahr	9,26	20,17	10,25	21,7
Winter	40,5	28,1	33,0	29,8
Frühling	40,5	34,7	46,3	36,4
Sommer	5,5	6,5	12,2	3,7
Herbst	13,5	30,7	8,5	30,2

Wir finden hier also jährlich etwa 10 bis 20 Hagelschauer, und diese sind folgendermaßen vertheilt:

Winter	32,8	Procent
Frühling	39,5	—
Sommer	7,0	—
Herbst	20,7	—

43) Cotte Mém. II, 357.

Deutschland.

onat	Hamburg 1)	Lüneburg 1)	Berlin	Mannheim	Stuttgart 1)
uar	0,20	0,50	0,14	0,25	0
ruar	0,30	0,85	0,29	0,42	0
rz	0,90	1,55	0,57	0,83	0
il	1,30	2,45	1,42	0,75	0,2
i	0,10	1,70	0	0,50	0,6
ius	0,26	0,55	0,29	0,42	0,4
ius	0,10	0,15	0,43	0,33	0,2
gust	0	0,25	0	0,25	0,2
ptbr.	0	0,10	0	0,50	0
ober	0	0,50	0,50	0,33	0,4
obr.	0,10	0,35	0	0,58	0
br.	0	0,55	0,25	0,08	0
r	3,25	9,50	3,89	5,24	2,0
nter	15,4	20,0	17,7	14,3	0
hling	70,8	60,0	51,2	39,7	40,0
mmer	10,8	10,0	18,5	19,1	40,0
bst	3,0	10,0	12,6	26,9	20,0

onat	München	Ander	Peißenberg	Tegernsee	St. Gotthardt	Sagan
uar	0,17	0,25	0	0,12	0	0,50
ruar	0	0,25	0	0	0	1,25
rz	0,42	0,25	0	0,25	0	1,83
il	0,75	1 17	1,17	0,38	0	1,25
i	1,08	1,25	1,08	1,12	0,7	1,67
ius	0,75	0,75	0,92	0,12	0,7	0,75
ius	0,67	0,33	0,67	0,25	0,9	0,08
gust	0,50	0,50	0,58	0,88	0,8	0,25
ptbr.	0,25	0,25	0,25	0,13	0,2	0,25
tober	0,33	0,17	0	0,13	0,1	1,00
obr.	0,33	0,17	0,25	0,12	0	0,75
cbr.	0,17	0,17	0	0	0	0,67
r	5,42	5,51	4,92	3,50	3,4	10,25
nter	6,3	12,1	0	3,4	0	23,6
hling	41,5	48,5	45,7	50,0	20,6	46,3
mmer	35,4	28,7	44,1	35,7	70,6	10,5
bst	16,8	10,7	10,2	10,9	8,8	19,5

---

1) Aus Buek Hamburgs Klima und Witterung S. 105.

Ich habe die Aufzeichnungen an mehrern andern Orten nicht benutzt, weil es mir schien, als ob die Beobachter dieses Phänomen nicht mit gehöriger Aufmerksamkeit angegeben hätten; denn sehen wir z. B., daß in Erfurt von 1781 bis 1784, also in 4 Jahren nur 2 Hagelschauer und zwar beide im Mai 1782 vorkommen, so müssen wir nothwendig gegen Angaben dieser Art mißtrauisch werden. Aus diesem Grunde habe ich nur die Resultate derjenigen Journale mitgetheilt, welche mir das meiste Zutrauen zu verdienen scheinen. Die Größen, welche in der obigen Tafel gegeben sind, zeigen noch sehr bedeutende Differenzen; künftigen Meteorologen, welche eine größere Zahl von Beobachtungen benutzen können, als ich, muß es überlassen bleiben, diese Verhältnisse schärfer zu bestimmen; soll aber eine solche Untersuchung möglich werden, so ist vor allen Dingen erforderlich, daß die Beobachter eine größere Sorgfalt auf Reduction ihrer Tagebücher wenden, als dieses häufig der Fall ist.

So unvollkommen auch die obigen Angaben sind, so glaube ich doch, daß es beim gegenwärtigen Zustande unserer Kenntnisse erlaubt sey, das Mittel sämmtlicher Angaben als das mittlere Verhältniß anzusehen. Darnach finden jährlich 5 Hagelschauer Statt (genauer 5,17), also noch nicht halb so viel als an der Küste Europa's, und diese sind folgendermaßen im Jahre vertheilt:

Winter	10,3	Procent
Frühling	46,7	
Sommer	29,4	
Herbst	13,6	

Diese Verhältnisse haben sich in Vergleich mit dem westlichen Europa sehr geändert, denn während dort etwa 4 Mal so viel Hagelschauer im Winter eintreten, als im Sommer, ist hier die Zahl der Niederschläge von Hagel im Sommer dreimal größer als im Winter; der Frühling hatte an der Westküste Europa's zwar ebenfalls das Uebergewicht über die übrigen Jahreszeiten, jedoch ist dasselbe in Deutschland viel größer als dort. Diese klimatischen Aenderungen der Verhältnisse beim Uebergange von der Küste des atlantischen Meeres nach Deutschland erinnern an die völlig analogen Uebergänge, die wir beim Regen und bei den Ge-

ttern fanden, aber sie sind weit bedeutender als bei irgend einer
:ser Erscheinungen, und künftige Bearbeiter dieses Gegenstan-
s dürften sich wohl genöthigt sehen, Deutschland in dieser Hin-
)t in mehrere untergeordnete Gruppen zu theilen.

Bei Vergleichung der Regenverhältnisse in Deutschland
ıchte ich bereits auf den Umstand aufmerksam [45]), daß die
ommerregen ein desto größeres Uebergewicht über die Winter-
gen erhalten, je weiter wir uns von den Ebenen entfernen. Und
:e völlig ähnliche Erscheinung zeigt uns die Vergleichung des
ıgels. Bleiben wir bei dem südwestlichen Deutschland stehen,
finden wir in Mannheim, Stuttgart und München folgende
:rhältnisse;

Winter	6,9	Procent
Frühling	40,4	
Sommer	31,5	
Herbst	21,2	

ıgegen zeigen uns St. Andex, Peißenberg, Tegernsee und
. Gotthardt folgende Vertheilung

Winter	3,9	Procent
Frühling	41,2	
Sommer	44,8	
Herbst	10,1	

:r Sommer erhält also in der Höhe sogar ein Uebergewicht über
ı Frühling.

Andern die tiefere Ergründung dieses nicht blos in physika-
her, sondern auch in statistischer Hinsicht wichtigen Gegenstan-
; überlassend, wende ich mich zum

5) Bd. I. S. 462.

Innern von Europa.

Monat	Ofen	Petersburg	Moscau
Januar	0	0	0
Februar	0	0,1	0
März	0,18	0,2	0
April	0,27	0,8	0,11
Mai	0,18	0,5	0,67
Junius	0,55	0,4	1,11
Julius	0,18	0,4	0,33
August	0	0,5	0,67
September	0,18	0,4	0,11
October	0	0,3	0
November	0	0,2	0
December	0	0	0
Jahr	1,54	3,8	3,00
Winter	0	2,7	0
Frühling	40,9	39,5	26,0
Sommer	47,4	34,2	70,3
Herbst	11,7	23,7	3,7

Nehmen wir das Mittel, so finden wir in den östlich von Deutschland gelegenen Gegenden von Europa jährlich etwa 3 Hagelschauer, und diese sind folgendermaßen vertheilt:

Winter	9,9	Procent
Frühling	35,5	
Sommer	50,6	
Herbst	13,0	

Die Hagelschauer im Winter sind also fast ganz verschwunden, dagegen haben sie im Sommer ein entschiedenes Uebergewicht erhalten. Namentlich fällt in Moscau 6 Monate hindurch kein Hagel. Obgleich nun zwar im Allgemeinen die Zahl der Hageschauer desto kleiner wird, je weiter wir uns von der Westküste Europa's entfernen, so ist es doch auffallend, daß sie in Moscau doppelt so groß ist, als in Ofen. Es ist zwar möglich, daß ungleiche Aufmerksamkeit der Beobachter Schuld an dieser Differenz ist; aber die

eigen-

eigenthümliche Richtung der Regenwinde in Moscau [46]), aus welcher wir bereits früher die große Häufigkeit der Regentage herleiteten, hat auf das öftere Vorkommen von Gewittern und Hagelschauern in dieser Gegend gewiß einen nicht geringen Einfluß.

Aus Italien besitze ich hinreichend vollständige und Zutrauen verdienende Aufzeichnungen nur in Rom [47]), darnach finden wir folgende Größen:

Monat	Rom
Januar	0,55
Februar	0,73
März	1,18
April	0,45
Mai	0,27
Junius	0,27
Julius	0,09
August	0,09
September	0,09
October	0,18
November	0,18
December	0,91
Jahr	4,99
Winter	43,9
Frühling	38,1
Sommer	9,0
Herbst	9,0

Die Zahl der jährlich Statt findenden Hagelschauer ist in Rom also nahe eben so groß als in Deutschland, aber die Mehrzahl derselben findet im Winter Statt, während die Hagelwetter im Sommer und Herbste fast verschwunden sind; auffallend aber ist es dabei, daß im Herbste, wo es in Rom so häufig regnet, die Hagelschauer so selten vorkommen.

46) Bd. I. S. 440.

47) In dem Journal von Padua in den Mannheimer Ephemeriden wird oft mehrere Jahre hinter einander kein Hagel erwähnt, was mir wenig wahrscheinlich scheint.

Innern von Europa.

Monat	Ofen	Petersburg	Moscau
Januar	0	0	0
Februar	0	0,1	0
März	0,18	0,2	0
April	0,27	0,8	0,11
Mai	0,18	0,5	0,67
Junius	0,55	0,4	1,11
Julius	0,18	0,4	0,33
August	0	0,5	0,67
September	0,18	0,4	0,11
October	0	0,3	0
November	0	0,2	0
December	0	0	0
Jahr	1,54	3,8	3,00
Winter	0	2,7	0
Frühling	40,9	39,5	26,0
Sommer	47,4	34,2	70,3
Herbst	11,7	23,7	3,7

Nehmen wir das Mittel, so finden wir in den östlich von Deutschland gelegenen Gegenden von Europa jährlich etwa 3 Hagelschauer, und diese sind folgendermaßen vertheilt:

Winter	9,9	Procent
Frühling	35,5	
Sommer	50,6	
Herbst	13,0	

Die Hagelschauer im Winter sind also fast ganz verschwunden, dagegen haben sie im Sommer ein entschiedenes Uebergewicht erhalten. Namentlich fällt in Moscau 6 Monate hindurch kein Hagel. Obgleich nun zwar im Allgemeinen die Zahl der Hageschauer desto kleiner wird, je weiter wir uns von der Westküste Europa's entfernen, so ist es doch auffallend, daß sie in Moscau doppelt so groß ist, als in Ofen. Es ist zwar möglich, daß ungleiche Aufmerksamkeit der Beobachter Schuld an dieser Differenz ist; aber die

eigen-

thümliche Richtung der Regenwinde in Moscau [46]), aus
er wir bereits früher die große Häufigkeit der Regentage her-
n, hat auf das öftere Vorkommen von Gewittern und Hagel-
ern in dieser Gegend gewiß einen nicht geringen Einfluß.

Aus Italien besitze ich hinreichend vollständige und Zutrauen
enende Aufzeichnungen nur in Rom [47]), darnach finden wir
de Größen:

Monat	Rom
Januar	0,55
Februar	0,73
März	1,18
April	0,45
Mai	0,27
Junius	0,27
Julius	0,09
August	0,09
September	0,09
October	0,18
November	0,18
December	0,91
Jahr	4,99
Winter	43,9
Frühling	38,1
Sommer	9,0
Herbst	9,0

Zahl der jährlich Statt findenden Hagelschauer ist in Rom
nahe eben so groß als in Deutschland, aber die Mehrzahl der-
findet im Winter Statt, während die Hagelwetter im
mer und Herbste fast verschwunden sind; auffallend aber ist
bei, daß im Herbste, wo es in Rom so häufig regnet, die
lschauer so selten vorkommen.

Bd. I. S. 440.

In dem Journal von Padua in den Mannheimer Ephemeriden wird
st mehrere Jahre hinter einander kein Hagel erwähnt, was mir wenig
wahrscheinlich scheint.

Wenn nun gleich die obigen Untersuchungen uns die jährliche Vertheilung der Hagelschauer kennen lehren, so giebt es doch in den betrachteten Districten Gegenden, welche sich entweder durch große Seltenheit oder häufiges Vorkommen derselben auszeichnen. Schon Scheuchzer machte darauf aufmerksam, daß in einigen Thälern der Schweiz, so in Wallis und in den meisten von W nach O ziehenden Thälern der Hagel so selten sey, daß oft in 20 Jahren keiner falle [48]). Buch glaubt im Allgemeinen, daß die warmen Thäler, in denen Cretins vorkommen, vom Hagel verschont bleiben, so außer dem erwähnten Wallis das Thal von Aosta; daß da, wo Kröpfe angetroffen werden, der Hagel nur selten sey [49]), so ist in Unter-Engadin der Hagel fast unbekannt, Kröpfe dagegen sind häufig. Wenn die Thäler der Alpen aus dem Gebirge, das sie hoch und steil zu beiden Seiten begleitet hat, endlich hervorkommen, so breitet sich die Fläche gewöhnlich zu einem Hügellande aus, das gegen die vorigen Engen eine Ebene scheint und nicht viel weniger erwärmt ist, als es das Thal war. Diese Flächen, ganz nahe am hohen Gebirge, werden jährlich vom Hagel verwüstet. Borgofranco, am Ausgange des Aosta-thales, ist kaum je in einem Jahre verschont worden, und Saussure, welcher die Häufigkeit des Hagels daselbst erwähnt, fügt hinzu, man habe beobachtet, daß in den am Fuße hoher Berge belegenen Ebenen der Hagel in einer gewissen Entfernung davon stärker und häufiger sey, als in größern oder kleinern Entfernungen [50]). Leop. v. Buch führt ferner an, daß der Hagel in Ivrea eben so häufig sey. In den Aemtern von Mendrisio und Lugano, am Abfalle der Alpen gegen Mailand, wird in allen Berechnungen von Gütern oder Pachtzinsen vorausgesetzt, daß jährlich der zehnte Theil aller Producte vom Hagel zerstört werde [51]).

L. v. Buch glaubt ferner, daß der Hagel in höher liegenden Gegenden nicht so häufig vorkomme, als in der Tiefe. Cressier über dem See von Neufchatel verhageln die Weinberge häufig; Lignières am Abhange des Chaumont liegt unmittelbar

48) Scheuchzer Naturhistorie des Schweizerlandes III, 20.

49) Abh. d. Berl. Acad. 1814. S. 74.

50) Saussure Reisen IV, 162. §. 972.

51) Bonstetten Schriften IV, 44. bei Buch l. l.

darüber, 1200 Fuß höher, es regnet hier zu gleicher Zeit sehr stark, aber hagelt dann wenig oder auch gar nicht. Der Hagel vermehrt und vergrößert sich erst in der 1200 Fuß hohen Schicht bis zum Grunde des Thales. Aus dem Thale von Travers kommen im Sommer Gewitter hervor, welche sich über die erwärmten Weinberge des Seeabhanges ziehen und große Hagelkörner auf die Weinreben in dieser Gegend werfen. Im hochliegenden Thale hatte es auch geregnet, ehe das Wetter die Tiefe erreichte, allein gehagelt nur wenig. Bei Clermont in Auvergne, ganz nahe am Fuße des Gebirges, sind Gewitter äußerst gemein, und fast immer sind sie von Hagel begleitet, welcher die ganze Gegend verwüstet. Die Dörfer Blanzat, Chateaugué, Sayat scheinen jährlich zu dieser Zerstörung verdammt. Dagegen versichert Herr de Savigné, Pfarrer in Vernet auf dem Gebirge, daß solche Wetter zwischen dem Mont d'or und Puy de Dome höchst selten sind, und daß er es in 23 Jahren nur ein einziges Mal habe hageln sehen. Die Orte sind doch vielleicht von erstern oft nicht eine halbe Meile entfernt, allein sie liegen auf dem Gebirge 1200 Fuß höher [52]).

Verbinden wir hiemit die oben erwähnten Erfahrungen von Saussure, nach denen auf den Hochgebirgen der Alpen zwischen dem Schnee häufig Graupeln gefunden werden, so müssen wir nothwendig annehmen, daß die Hagelkörner eben so, wie früher von den Regentropfen und Schneeflocken gezeigt wurde, erst während des Falles größer werden, daß sich also die Graupeln in Hagel umbilden. Ich glaube aber deshalb den höhern Gegenden nicht die Hagelwetter absprechen zu dürfen, wie dieses das meteorologische Tagebuch auf dem St. Gotthardt zur Genüge beweist. Die Körner waren da, hatten eine geringere Größe und kleinere Fallgeschwindigkeit, deshalb fügten sie in der Höhe den Feldern weniger Schaden zu, als in der Tiefe. Landwirthe also, welche ihre Angaben der Hagelwetter von dem angerichteten Schaden abhängig machen, werden daher weit seltener Hagel angeben, als Meteorologen, welche sich mit Betrachtung des Phänomens selbst beschäftigen.

---

52) Légrand d'Aussy Voyage d'Auvergne. 1788. bei Buch.

In den tiefer liegenden Gegenden zwischen den Wendekreisen ist der Hagel sehr selten. So ist er auf dem glühenden Strande von Cumana, wo sich nur selten Regen zeigen, ganz unbekannt [53]). Thibault de Chanvalon behauptet, es habe in Martinique nur ein Mal, nämlich im Jahre 1721, in der Ebene gehagelt, und es sey dieses Phänomen wegen seiner Seltenheit sehr aufgefallen [54]): eine Behauptung, welche Moreau de Jonnes für übertrieben hält [55]). Dagegen schon in einiger Höhe hagelt es öfter: so ereignet sich in Caracas (454 Toisen) etwa alle vier oder fünf Jahre ein Hagelschauer, und selbst in tiefern Thälern ereignet sich dieses zuweilen, aber stets macht ein solches Phänomen einen lebhaften Eindruck auf das Volk. Der Fall von Aerolithen ist bei uns nicht seltener, als der Hagel zwischen den Wendekreisen in einer Höhe, welche kleiner ist als 300 Toisen über dem Meere [56]). Und als Humboldt seine Reise auf dem Orenoco machte, so erzählte ihm der Pater Roman in der Mission zu Pararuma, daß es dort in der Mitte des vorigen Jahrhunderts während eines heftigen Gewitters gehagelt habe. Dieses ist, fährt Humboldt fort, das einzige mir bekannte Beispiel, wo es zwischen den Wendekreisen in einer Ebene gehagelt hat, deren Höhe nicht viel über dem Meeresspiegel liegt. Da es nun in der Höhe häufiger hagelt, so hält H. es für wahrscheinlich, daß die Körner während des Fallens schmelzen. Ich gestehe indessen, daß es beim jetzigen Zustande der Meteorologie sehr schwer wird, zu erklären, weshalb es in Philadelphia, Rom und Montpellier in den heißesten Monaten, deren mittlere Temperatur 25° bis 26° erreicht [57]), hagelt, während dasselbe Phänomen in Cumana, la Guayra und überhaupt in den Ebenen der Aequinoctialgegenden unbekannt ist. In den vereinigten Staaten und im südlichen

---

53) Humboldt Voyage XI, 15.

54) Voyage à la Martinique p. 135 bei Cotte Mém. II, 546.

55) Moreau de Jonnes sur le climat des Antilles p. 49. bei Muncke in Gehler's Wörterb. V, 45. und Humboldt Voyage VI, 350.

56) Humboldt Voyage IV, 196.

57) So hoch ist wenigstens in Rom die mittlere Temperatur nicht, da diese im August nur bis 23° steigt. Bd. I. S. 119.

Europa ist zwischen den Breiten von 40° und 45° die Wärme der Ebene im Sommer fast eben so groß, als zwischen den Wendekreisen. Eben so ändert sich die Abnahme der Wärme nach meinen Untersuchungen sehr wenig. Wenn also der Hagel am Niveau des Meeres zwischen den Wendekreisen deshalb fehlt, daß die Körner in den tiefern Luftschichten geschmolzen werden, so müssen wir annehmen, daß diese Körner im Momente ihrer Bildung in der gemäßigten Zone größer sind, als zwischen den Wendekreisen" [58]).

Ich halte indessen das Schmelzen der Hagelkörner für die wichtigste Ursache dieses Vorganges, welcher mit dem früher erwähnten Mangel des Schnees in Havannah [59]) in Verbindung zu stehen scheint. Wir haben gesehen, daß im Sommer (denn es handelt sich hier nur von der warmen Jahreszeit) die Wärme mit der Höhe weit schneller abnimmt, als im Winter [60]); ist dieses schon im Mittel der Fall, so wird dieses noch weit leichter an den Tagen geschehen, wo es sonst windstill ist, der Boden lebhaft von der Sonne erwärmt wird. Dann wird wahrscheinlich die Wärme mit der Entfernung vom Boden sehr schnell abnehmen, während auf den glühenden Ebenen der Aequinoctialgegenden die Wärme weit regelmäßiger abnimmt. Das fallende Hagelkorn wird also zwischen den Wendekreisen hinreichend lange in der warmen Luftschicht schweben, um ganz geschmolzen zu werden, was in unsern Gegenden nicht möglich ist. Aus eben diesem Schmelzen der Körner müssen wir es uns wahrscheinlich erklären, weshalb der Hagel in den warmen Thälern der Schweiz so selten ist.

Auch von andern Gegenden in niedern Breiten wird erwähnt, daß der Hagel daselbst selten vorkomme. So erzählt Péron, daß sich die ältesten Einwohner auf Isle de France nur eines einzigen Hagelwetters erinnerten [61]); auch in Bornu ist er nach den Berichten von Denham und Clapperton selten [62]). Auf dem

58) Humboldt Voyage VI, 350.

59) Bd. I. S. 407.

60) S. oben S. 134.

61) Péron Voyage I, 50.

62) Denham Narrative, Appendix Meteorol. observ. Poggendorff's Ann. X, 486.

Hochlande von Habesch kommen sehr starke Hagelschauer vor [63]). In Aegypten und Palästina, wo es selten regnet, kommt auch der Hagel nicht häufig vor, wie denn der Verfasser des Pentateuch Hagelschauer zu den Wundern zählt, welche sich vor dem Auszuge der Juden aus Aegypten ereigneten.

Im hohen Norden, wo die Atmosphäre sehr wenig Dampf enthält und wo der Regen meistens in kleinen Tropfen herabfällt, ist großkörniger Hagel selten, und Scoresby versichert, nicht oft von ihm getroffen zu seyn [64]). Daß aber Graupeln auf Grönland häufig vorkommen, geht aus den Beobachtungen von Ginge zu Gothaab auf Grönland aufs bestimmteste hervor.

Wenn ein Hagelwetter sich dem Zenith nähert, so hört man meistens ein starkes Geräusch in der Luft, und diese selbst den Alten bekannte Thatsache [65]) wird häufig als Vorbote eines Hagelschauers angesehen. Den 25sten Julius 1723 entstand in Nürnberg nicht gar eine halbe Stunde nach 9 Uhr Abends mit einem heftigen Sturme aus NW schnell ein ungewöhnliches Geräusch in der Luft, als wenn man ein großes Bund Schlüssel unter einander schüttelt. Einige Augenblicke darauf folgte großer Hagel [66]). Volta sah diese Thatsache als ein wesentliches Kennzeichen von Hagelwolken an [67]). Unter mehrern Erfahrungen möge noch folgende Erzählung von Morier erwähnt werden: „Die ganze Gegend um Nazik, südlich vom Araxes, hatte seit 40 Tagen keinen Regen gehabt, aber am Tage unserer Ankunft war hier ein starkes Gewitter; dabei regnete es die ganze Nacht hindurch so stark, daß unsere Zelte ganz durchweicht wurden, und wir uns genöthigt sahen, den folgenden Tag (5ten Novbr.) noch in Nazik zu bleiben. Am Abend zeigte sich eine höchst merkwürdige Erscheinung. Der Himmel war mit Gewitterwolken überzogen, und wir erwarteten einen Regenschauer, als ein schreckliches Geräusch gehört wurde, ähnlich demjenigen, welches eine große fortrauschende Wassermasse macht. Jedermann im Lager eilte

63) Bruce Reisen III, 100.

64) Scoresby Account I, 424.

65) Lucretius de rer. nat. VI, 155.

66) Maternus von Cilano im Hamburger Magazin XVII, 198.

67) Volta Operè I, II, 396.

nach der Stelle, von welcher das Geräusch kam, in der Erwartung, daß ein schneller Strom durch das Bette eines in der Nähe des Lagers liegenden Baches fließen würde. Hier angekommen sahen wir kein Wasser. Aber immer größer wurde das Geräusch, und da es sich uns näherte, wurden wir unruhig. Ein Jeder erwartete einen Orcan oder ein Erdbeben; endlich zeigten uns einige sehr große Hagelkörner, welche fast die Größe von Taubeneiern hatten, daß die Quelle dieses Geräusches über uns war; als wir nun in die Höhe sahen, entdeckten wir zwei heftige Luftströme, welche die Wolken nach verschiedenen Seiten trieben, deren Zusammentreffen das vorher unerklärliche Geräusch hervorbrachte." [68])

Dieses Geräusch wird theils durch die auf einander treffenden Hagelkörner, theils durch die heftigen Luftströme, welche fast bei allen Hagelschauern eintreten und die Wolken mit großer Schnelligkeit nach verschiedenen Richtungen treiben, erzeugt. Man darf nur bei irgend einem Hagelschauer die Wolken aufmerksam ansehen, um sich davon zu überzeugen; es ist ein Kampf der Elemente, wobei sich die Windfahnen mit unglaublicher Schnelligkeit drehen [69]). Ist aber auch das ganze Phänomen von lebhaftem Sturme begleitet, so ist es eine von mir mehrfach beobachtete Thatsache, daß der Sturm bei jedem neuen Herabstürzen des Hagels an Heftigkeit zu gewinnen scheint. Bei dem heftigen Hagelschauer, von welchem Halle am 11ten Junius 1827 betroffen wurde, fielen die großen Regentropfen fast vertical; so wie aber der Hagel herabstürzte, hatten die Körner eine stark gegen die Verticale geneigte Fallrichtung, sie näherten sich immer mehr der verticalen, so wie der Regen das Uebergewicht erhielt. Dieser Vorgang, welcher sich an jenem Tage mehrmals wiederholte, ist von mir auch in der Folge öfter beobachtet worden.

Fällt eigentlicher Hagel im Sommer, dann überzieht sich, eben so wie wir dieses bei den Gewittern gesehen haben, der Himmel anfänglich mit weißen Cirris; allemal sah ich in diesen schon vor Entstehung der tiefer ziehenden Cumuli Höfe oder Spuren von

---

68) Morier Second Journey p. 309. Schweigger's Jahrb. N. R. XXVI, 393.

69) Ideler in Poggendorff's Annalen XVII, 448.

Nebensonnen. Nur bei Stürmen im Frühlinge und Winter sah ich es aus einem einzigen schnell in einen Nimbus verwandelten Cumulus auf heiterm Grunde hageln; im Sommer habe ich stets zwei Wolkenschichten bemerkt, ein Umstand, auf welchen auch Volta aufmerksam machte und den er für wesentlich nöthig bei seiner Theorie hielt. Die Hagelwolken selbst scheinen eine große Dicke zu haben und unterscheiden sich von andern Gewitterwolken durch einen sehr merkwürdigen aschgrauen Farbenton. An den Rändern sind sie vielfach zerzaust und auf der Oberfläche zeigen sich hie und da sehr große unregelmäßige Auswüchse, so daß sie geschwollen zu seyn scheinen [70]). Zu andern Zeiten bilden die Hagelwolken einen traubenartigen Schlauch, welcher sich im Fortgange tiefer herabsenkt und zuletzt fast die Erde berührt, ehe er sich seiner Bürde entledigt [71]). Ideler theilt noch eine von Péron gemachte Erfahrung mit, welche ebenfalls die Existenz verschiedener Wolkenschichten beweist: „Der 7te October bot uns eine Erscheinung dar, von der vielleicht kein zweites Beispiel in den Annalen der Meteorologie existirt. Den ganzen Morgen dieses Tages war das Wetter sehr schön, der Himmel und das Meer ganz ruhig gewesen. Nachmittags ging der Wind auf einmal nach NW über [72]) (en souflant par rafales); eine ungeheure Masse schwarzer Wolken durch die Windstöße vom Gipfel der blauen Berge zurückgeworfen, stürzte in die Ebene hinab. Diese Wolken waren so schwer, daß sie gleichsam die Oberfläche der Erde bestrichen. Die Hitze war erstickend, das Réaumursche Thermometer stieg plötzlich von 18° auf 27°. Bald öffneten sich die Wolken mit einem ungeheuern Lärmen, die Blitze blendeten unser Gesicht, und überall sah man die Strahlen in Schlangenlinien von blauer Farbe herabstürzen. In diesem Augenblicke des Sturms wehte der Wind aus allen Punkten des Compasses und seine Heftigkeit nahm in dem Maaße zu, als die Unordnung und Wechsel in der Richtung bedeutender wurde. Jedesmal wenn ein Strom großtropfigen Regens herabgefallen war, hofften wir das Ende des Gewitters, aber jedesmal kam aus dem Schooße einer

---

70) Arago in Poggendorff's Annalen XIII, 345 u. 354.

71) Muncke in Gehler's Wörterb. V, 42.

72) Die Erfahrung wurde in Sidney Town in Neuholland gemacht.

höher gelegenen Wolke, die bei weitem schwärzer war, als alle übrigen, ein reichlicher Hagel herab." [73])

Die Hagelschauer, welche sich stets durch eine bedeutende Depression der Temperatur auszeichnen, sind, wie dieses bereits du Carla und L. v. Buch gezeigt haben, rein locale Phänomene und selten verbreiten sie sich über einen größern Raum. Meistens sind die getroffenen Stellen schmal, ja nach Musschenbroek [74]) soll ihre Breite nur einige hundert Ellen betragen, während ihre Länge weit größer seyn kann. Wenige Hagelwetter sind in Betreff ihrer Verbreitung sorgfältiger untersucht worden, als dasjenige, von welchem Frankreich im Jahre 1788 betroffen wurde, und von welchem Tessier eine ausführliche Beschreibung gegeben hat [75]). Das Gewitter begann im südlichen Frankreich frühmorgens am 13ten Julius 1788, ging in wenigen Stunden über das ganze Königreich und erstreckte sich selbst bis nach Holland. Die vom Hagel getroffenen Orte bildeten zwei parallele, von Südwest nach Nordost gerichtete Zonen. Die eine dieser Zonen besaß eine Länge von 175 Lieues, die andere von ungefähr 200. Die mittlere Breite der westlichen Hagelzone betrug vier Lieues, die der andern nur zwei. Auf den Raum zwischen beiden Zonen, der im Mittel fünf Lieues breit war, fiel kein Hagel, dagegen ein sehr starker Regen. Auch ostwärts von der östlichen, so wie westwärts von der westlichen Hagelzone regnete es stark. Ueberall ging dem Hagelwetter eine dicke Finsterniß voraus, und diese erstreckte sich selbst bis weit von den behagelten Gegenden. Durch Vergleichung der Zeit, zu welcher es an den verschiedenen Orten gehagelt hatte, fand sich, daß das Gewitter von Süden nach Norden $16\frac{1}{2}$ Lieues in einer Stunde zurückgelegt haben mußte, und daß diese Geschwindigkeit in beiden Zonen genau dieselben gewesen war. Auf der westlichen Zone hagelte es in la Rochelle, wo es die ganze Nacht gewittert hatte, am 12ten um

73) Péron Voyage I, 396. bei Ideler in Poggendorff's Annalen XVII, 449.

74) Musschenbroek Introd. §. 2395.

75) Mém. de l'Acad. 1790. p. 266 bei Muncke in Gehler's Wörterb. V, 42. und Arago in Poggendorff's Annalen XIII, 348.

$5\frac{3}{4}$ Uhr Morgens[76]), in Touraine bei Loches um $6\frac{1}{2}$ Uhr Morgens, bei Chartres um $7\frac{1}{2}^h$, zu Rambouillet um 8^h, zu Pontoise um $8\frac{1}{2}^h$, zu Clermont in Beauvoisis um 9^h, zu Douai um 11^h, zu Courtray um $12\frac{1}{2}^h$ und zu Vließingen um $1\frac{1}{2}^h$. Auf der östlichen Zone erreichte das Gewitter: Artenay bei Orleans um $7\frac{1}{2}^h$ Morgens, Andonville in Beauce um 8^h, die Vorstadt St. Antoine von Paris um $8\frac{1}{2}^h$, Crespy in Valois um $9\frac{1}{2}^h$, Cateau-Cambrésis um 11^h, Utrecht um $2\frac{1}{2}^h$. An jedem Orte hagelte es nur 7 bis 8 Minuten lang.

Sollten wir aber hier annehmen, daß dieses wirklich eine einzige Hagelwolke gewesen sey, welche diese ganze Strecke zurücklegte? Ich glaube hierauf mit Nein antworten zu müssen. So wie dieses bei Gewittern und andern Erscheinungen so häufig der Fall ist, bildeten sich beim weitern Fortschreiten stets neue Wolken, aus denen der Hagel herabfiel. Es war an jenem Tage selbst in Deutschland eine große Disposition zur Entstehung electrischer Niederschläge, und daher finden wir auch viele Gewitter, ohne daß sich ein bestimmter Zug nachweisen läßt. So war nach den Tagebüchern in den Mannheimer Ephemeriden Abends um 6 Uhr Donner und um $7\frac{1}{2}$ Uhr Gewitter und Regen in Mannheim, um 8 Uhr Regen und Gewitter in Tegernsee, um 6 Uhr südlich vom Peißenberge, in Erfurt um 9 Uhr. Auf dem St. Gotthardt war Mittags ein Gewitter, und ein zweites fand Abends um 10 Uhr Statt. Selbst in Middelburg, wohin der Hagelschauer nach der obigen Zusammenstellung erst um etwa 2 Uhr kam, wird zwar bei der Mittagsbeobachtung ein Gewitter mit Regen erwähnt, aber schon neben der Beobachtung um 7 Uhr Morgens steht Gewitter mit Regen und Hagel.

Muncke macht noch auf einen andern Umstand aufmerksam, darauf nämlich, daß manche Jahre sich durch eine große Häufigkeit von Hagelschauern auszeichnen; im Allgemeinen sind nach ihm die wärmsten und fruchtbarsten Jahre auch die gefährlichsten in Rücksicht auf möglichen Hagelschaden. Des Beispiels

76) Ich habe dem Berichte von Arago, dem ich gefolgt bin, die Beobachtung zu la Rochelle aus den Mannheimer Ephemeriden hinzugefügt; ob ich es aber zu der östlichen oder westlichen Zone rechnen soll, lasse ich unentschieden, da es mir an Beobachtungen auf den Zwischenpunkten fehlt.

wegen mögen nur folgende Fälle angeführt werden. Im Jahre 1822 war am 7ten Mai ein furchtbares Hagelwetter in Bonn; am 18ten Mai geringer Hagel in Heidelberg; am 9ten Mai ein furchtbarer in Trient, wobei ein 16jähriges Mädchen auf dem Felde so heftige Contusionen erhielt, daß es am dritten Tage davon starb; am 16ten Junius heftiger Hagel mit wenigem Sturm in Darmstadt, Sinzheim u. s. w.; am 23sten Junius Sturm mit Hagel bei Straßburg von solcher Heftigkeit, daß unter andern mehrere Schornsteine herabfielen und eine Lage Bretter wie Kartenblätter in die Höhe gehoben und auch weggestreut wurde; am 24sten Junius richtete ein fürchterliches Hagelwetter bei Venedig große Verwüstungen an, zerschlug viele Fenster, Früchte und Wein, auch Pferde, welche nicht schnell genug untergebracht werden konnten; am 25sten Julius verwüstete ein starker Hagelschlag viele Felder in der Wetterau; am 1sten September war ein heftiger Regen im Ottowalder Grunde in Sachsen; am 21sten September desgleichen bei Marseille, und so dauerte es bis in den October, indem am 14ten dieses Monats ein Ungewitter mit Hagel in Venedig und am 24sten in Genua große Verwüstungen anrichtete [77]). Diese Häufigkeit von heftigen Hagelwettern in dem gedachten Jahre ist um so interessanter, da sich diese Bemerkungen an dasjenige anschließen, was bereits oben S. 382 über die Witterungsanomalieen in den Jahren 1821 und 1822 gesagt wurde.

Die Entstehung des Hagels in der heißen Jahreszeit gehört zu den verwickeltesten Phänomenen der ganzen Meteorologie, und es sind mancherlei Hypothesen zur Erklärung dieses Vorganges aufgestellt worden. Ohne jedoch bei den ältern Bemühungen der Physiker zu verweilen, möge es hier genügen, einige von den Ansichten mitzutheilen, welche seit der Mitte des vorigen Jahrhunderts gegeben sind. Nachdem durch Franklin's Bemühungen erwiesen war, daß die Gewitter electrischer Natur seyen, wurde auch der stets von Explosionen oder doch sehr starker Luftelectricität begleitete Hagel aus der Wirkung dieser Naturkraft abgeleitet. Es war namentlich Musschenbroek, welcher zuerst

77) Muncke in Gehler's Wörterb. V, 43.

eine ausführliche electrische Theorie der Hagelbildung gab [78]). Nachdem er nämlich gezeigt hatte, daß die im Winter und Frühlinge herabfallenden Graupeln aus gefrornen Regentropfen beständen, nimmt er für den Sommerhagel an, daß einige Wolken in der Region des ewigen Schnees schweben, daß also die Regentropfen zu Hagel gefrieren. Die Stärke der Electricität, welche diese Wolken besitzen, ist sehr ungleich. Begegnen sich Wolken von starker und geringer electrischer Intensität, so entreißen letztere den erstern ihre Ladung, es entsteht Donner und Blitz, und da sich nun die ihrer Electricität beraubten Theile der Wolke nicht weiter abstoßen, so vereinigen sie sich und bilden sich durch Gefrierung zu den größern Körnern aus. Dieser Hypothese steht der Umstand entgegen, daß häufig im Sommer Hagel ohne Gewitter vorkommt, daß also diese sichtbare Mittheilung der Electricität fehlt.

Mehrere Physiker folgten dieser Hypothese, indem sie dieselbe nur wenig abänderten. In der Folge bildete sie Mongez weiter aus [79]). Er stellt dabei folgende Hauptsätze auf: 1) Alle Wolken sind an sich electrisch, nehmen aber einen gesteigerten Grad der Electricität nur durch zufällige Bedingungen an. 2) Blos in dem letztern Falle findet Verdunstung Statt. 3) Sobald die electrische Ausdünstung anfängt, bildet sich um den Regentropfen eine Dampfatmosphäre, welche den Einfluß der umgebenden Wärme aufhebt. 4) Hieraus entsteht Kälte in dieser Atmosphäre, 5) welche sich allmählig bis in das Innerste des Tropfens erstreckt, 6) wodurch er in Eis verwandelt wird. 7) Ist die Eiskruste gebildet, so hört die electrische Verdunstung auf. 8) Das herabfallende Hagelkorn endlich verdunstet, wird hiedurch kälter und allmählig härter, so wie es durch die niedrigern Luftschichten herabfällt. Aus diesen theoretischen Sätzen sucht Mongez die einzelnen bei der Hagelbildung vorkommenden Phänomene zu erklären, welches auch an sich nicht schwer seyn kann, da man hiezu im Ganzen nichts weiter als die Bildung von Eiskörnern bedarf, allein die Principien selbst sind nach Muncke keineswegs

78) Musschenbroeck Introd. §. 2395.

79) Journal de physique VII, 202. bei Muncke in Gehler's Wörterb. V, 54.

genügend. Zuerst sind entschieden die Wolken sehr ungleich electrisch, aber daß eine Verdunstung blos bei gesteigerter Electricität Statt finde, ist eine petitio principii.

Ohne hier die Ansichten von de Luc [80], Lichtenberg [81], Lampadius [82]) und Andern zu erwähnen, wende ich mich zu der Hypothese von Volta, welche wegen der großen Verdienste, die sich ihr Urheber um die Electricitätslehre erworben hatte und wegen der gründlichen Durchführung der einzelnen Punkte einen großen Beifall erhielt [83]). Um zuerst anzugeben, wie sich in der heißen Jahreszeit in einer Region, welche tief unter der Schneegränze liegt, so bedeutende Eismassen bilden können, nimmt er an, daß diese Kälte durch schnelle Ausdünstung entstehe, und diese Ausdünstung wird befördert 1) durch die Sonnenstrahlen, welche mit großer Stärke auf den obern Theil der Wolke scheinen; 2) durch die von de Luc und Saussure gefundene große Trockenheit und Verdünnung der über der Wolke stehenden Luft; 3) durch die Disposition der Dunstbläschen, sich in elastischen Dampf zu verwandeln, da die Bläschen selbst schon elastisch sind und sich gewissermaßen abstoßen; 4) durch die Electricität, welche die Verdunstung sehr befördert. Bei diesem Vorgange, wodurch die erste Anlage der Hagelkörner, nämlich der erste Schneeflocken, gebildet wird, ist die trockne Luft über der Wolke von größter Wichtigkeit; ist diese nämlich nicht hinreichend trocken, so wird auf der obern Seite der Wolke zwar ebenfalls Verdunstung Statt finden, allein der elastische Dampf wird bald darauf wieder condensirt, und indem er die Gestalt von Dampfbläschen annimmt, wird seine latente Wärme frei und die Erkaltung verzögert. Um diese schnelle Verdunstung zu befördern, ist auch die Gegenwart der Sonne wichtig, und daher treten die meisten Hagelwetter am Tage ein.

Haben sich nun die ersten Embryonen der Hagelkörner gebildet, so kommt es darauf an, daß sie sich weiter ausbilden, und Volta hält dazu die Existenz zweier Wolkenschichten für ein

80) de Luc Idées II. sect. III. chap. 2.

81) Lichtenberg's Schriften VIII, 85.

82) Lampadius Atmosphärol. S. 153.

83) Volta Opere I, II, 353.

wesentliches Erforderniß. Wenn nämlich der elastische Dunst von der vorhandenen Wolkenschicht in die Höhe steigt, so kommt er in eine Gegend, welche anfänglich zwar trocken ist, aber bald darauf gesättigt wird, und es bildet sich auf diese Art eine zweite, höher liegende Wolkenschicht. Diese beiden Wolkenschichten treten sogleich in electrischen Gegensatz, die aufsteigenden Dämpfe nämlich nehmen der untern Schicht ihre Electricität, und es erhält dadurch die obere + E, die untere — E.

Die Existenz von zwei oder mehrern electrischen Wolkenschichten und die Bewegung derselben giebt uns nicht nur einen Grund für die schnellen Aenderungen der Electricität bei Annäherung des Hagelwetters, sondern wir können nach Volta's Meinung daraus auch die ganze Ausbildung der Körner herleiten. Volta stützt sich bei dieser Herleitung auf den bekannten Versuch des electrischen Puppentanzes. Befestigen wir nämlich an dem Leiter der Electrisirmaschine eine horizontale Platte von irgend einem Leiter und in einiger Entfernung unter ihr eine zweite mit dem Boden in leitender Verbindung stehende, so werden leichte zwischen beiden Platten befindliche Körner abwechselnd angezogen und abgestoßen, sie hüpfen von der untern Scheibe nach der obern, um sogleich nachher nach unten zurückzukehren. Und ganz derselbe Vorgang findet beim Hagelwetter Statt. Die Schneeflocken, welche sich auf der obern Seite der untern Wolke befinden, haben mit dieser einerlei Electricität, sie werden abgestoßen, von der obern Wolke zugleich angezogen und bewegen sich nach oben. Hier angekommen, erhalten sie gleich die Electricität der obern Wolke, werden abgestoßen, sie erreichen die untere Wolke, dringen zum Theil in ihr Inneres, erhalten die negative Electricität der untern Schicht, und aufs Neue abgestoßen, bewegen sie sich wieder nach der obern Wolke. Durch diesen electrischen Gegensatz zwischen beiden Wolken erhalten also die Körner eine auf- und abwärtsgehende Bewegung, und in dieser werden sie nicht eine oder mehrere Minuten, sondern ganze Stunden lang erhalten. Dabei vereinigen sich mehrere Flocken zu einem größern abgerundeten Korne, und indem dieses eine geringe Temperatur hat, so werden die Dämpfe, mit denen es in Berührung kommt, condensirt und sogleich in Eis verwandelt. Bei dieser Bewegung stoßen die Körner häufig zusammen, und es entsteht jenes eigenthümliche Ge-

äusch, welches man vor Ankunft eines Hagelwetters hört. Sind ndlich die Körner hinreichend groß geworden, so ist die Electricität er untern Wolkenschicht nicht mehr im Stande, der Einwirkung er Schwere Widerstand zu leisten, sie durchdringen diese Schicht nd gelangen zum Boden.

So vielen Beifall die eben vorgelegte Theorie auch fand, so :at doch Prechtl bald darauf mit einer nähern Untersuchung erselben auf [84]), und in der Folge hat Bellani ebenfalls mehere Einwendungen gegen dieselbe gemacht [85]). Der wichtigste Einvurf betrifft die Erzeugung einer Kälte, welche hinreichend ist as Wasser in Schnee zu verwandeln; Volta nimmt dazu die Verdunstung zu Hülfe, aber Prechtl zeigt, daß diese nicht hineichend sey, eine so bedeutende Temperaturdepression zu erzeugen [86]). Volta nimmt dazu zwar die lebhafte Einwirkung der Sonnenstrahlen an, allein es läßt sich nicht begreifen, wie diese oder ine andere Wärmequelle die Verdunstung einer Flüssigkeit determiniren können, ohne eine Erwärmung hervorzubringen, welche die durch Verdunstung bedingte Temperaturverminderung ersetzte. Bellani bedeckte zur Prüfung dieser Ansicht zwei Thermometerkugeln mit nasser Leinwand und setzte sie der freien Luft aus, und zwar das eine im Schatten, das andere im Sonnenlichte. Hierauf bemerkte er wohl an der das letztere Thermometer bedeckenden feuchten Leinwand eine stärkere Verdunstung, als an der andern, aber der Stand der Quecksilbersäule zeigte an derselben eine höhere Temperatur an [87]).

Hält es nun schon sehr schwer, die bedeutende Erkaltung aus der bloßen Verdunstung herzuleiten, so glaube ich ferner, daß der von Volta beschriebene Prozeß der Wolkenbildung nicht der richtige sey, oder daß er wenigstens nicht in allen Fällen naturgemäß sey. Volta nimmt nämlich an, die obere Wolkenschicht entstehe dadurch, daß die von der untern aufgestiegenen Dämpfe in den höchsten Regionen der Atmosphäre condensirt werden. Ich habe aber bei den Hagelschauern im Sommer, wo ich schon einige

84) Gehlen's Journal VII, 241—282.
85) Brugnatelli Giornale T. X.
86) In seiner Abhandl. §. 12 fg.
87) Ideler in Poggendorff's Ann. XVII, 456.

Stunden vorher die Aenderungen im Ansehen des Himmels aufmerksam verfolgte, stets einen entgegengesetzten Prozeß beobachtet. Es bildeten sich einige Stunden vorher einzelne Cirri, in denen größere Höfe um die Sonne erschienen, sie nahmen immer mehr an Dichtigkeit zu, und erst wenn der Himmel ein weißes Ansehen hatte, bildeten sich die tiefer schwebenden Cumuli weiter aus, und mit großer Schnelligkeit verwandelten sich diese in Nimbi. Schon dieser Umstand macht die Erkaltung der untern Wolke durch Verdunstung wenig wahrscheinlich.

Aber selbst wenn wir diese Schwierigkeiten übersehen, wenn wir auch zugeben wollen, daß die erste Bildung der Schneeflocken auf die Art möglich sey, wie Volta sich vorstellt, so ist doch nach Prechtl's richtigen Bemerkungen die weitere Ausbildung der Körner auf die angegebene Art unmöglich [88]). Indem Volta die Bewegung der Hagelkörner auf den electrischen Puppentanz zurückführt, begeht er nämlich den Fehler, daß er die Wolke als einen festen Körper ansieht, auf dessen Oberfläche die erlangte Fallgeschwindigkeit der Körner zerstört wird. Dieses jedoch ist nicht richtig. Selbst wenn wir annehmen, daß die Electricität der beiden Wolken hinreichend stark sey, um die Einwirkung der Schwere ganz zu überwältigen, so ist es doch kaum möglich sich vorzustellen, wie diese Bewegung, die doch auf Gebirgen öfter wahrgenommen werden müßte, bisher aber noch von Niemandem bemerkt ist [89]), anfangen könnte. Die Schneeflocken bilden sich auf der Oberfläche der untern Wolke selbst und machen einen Theil von dieser aus, es hält also sehr schwer, sich vorzustellen, wie die Wolke im Stande sey, einen Theil von sich selbst abzustoßen, ohne daß sich zugleich ihre ganze Masse zerstreue. Wird es nun so schwierig, sich den Anfang der Bewegung vorzustellen, so begreift man noch weniger, wie das von der obern Wolke zurückgekehrte Hagelkorn sich aufs Neue nach oben bewegen könne, da es jetzt in das Innere der Wolke dringt und noch inniger mit ihr verbunden ist. Nehmen wir bei dem electrischen Puppentanz statt der untern Metallplatte eine Wasserfläche, so wird die Adhäsion zwischen dieser und den tanzenden Körpern so bedeutend, daß die ganze Bewegung aufhört, und dieser sowohl von Prechtl als Bellani ange-

88) Prechtl in seiner Abhandl. §. 28.

89) Arago in Poggendorff's Annalen XIII, 359.

-stellte Versuch macht es wahrscheinlich, daß auch bei den Wol-
-n, wo die Abstoßungskraft noch kleiner ist, als bei stark wirken-
-n Maschinen, diese Bewegung nicht Statt finde.

Es sind noch mehrere Umstände angeführt worden, um die
-ntstehung des Hagels durch Electricität zu beweisen, und nament-
-h hat man sich in neuern Zeiten auf die Wirksamkeit der Hagel-
-leiter gestützt [90]). Guenaut de Montbeillard that zuerst
-n Jahre 1776 den Vorschlag, den Wolken durch eine ganze
-Menge von Blitzableitern ihre Electricität zu entziehen und dadurch
-e Bildung des Hagels zu verhindern [91]). Der Vorschlag wurde
-späterhin mehrfach wiederholt, aber schon 1785 zeigte Pl. Hein-
-ch die Unmöglichkeit dieses Ziel zu erreichen [92]), und Wrede
-nd Weiß thaten dasselbe im Jahre 1800. Lange Zeit be-
-schäftigte man sich mit diesen Untersuchungen, aber im Jahre 1820
-at der Apotheker la Postolle mit seiner verworrenen Theorie
-er Blitzableiter auf. Indem er mit kecker Stirn behauptete,
-aß Stroh ein besserer Leiter der Electricität sey, als Metalle,
-aubte er, es sey am zweckmäßigsten, an den Gebäuden Blitz-
-ableiter aus Stroh zu errichten, und er schlug vor, auf Feldern
-nd in Weinbergen viele Stangen mit Strohseilen aufzurichten,
-m dadurch die Hagelwetter zu zerstreuen. Obgleich mehrere
-Physiker nicht blos die gänzliche Ignoranz des Verfassers in der
-theoretischen Physik zeigten, sondern auch darauf aufmerksam
-machten, daß die electrische Theorie des Hagels noch sehr proble-
-matisch sey; so fanden diese Betrachtungen doch keinen Eingang.
-Die Weinberge in Frankreich, in Savoyen, im Canton Wallis,
-n einem Theile von Italien, ja selbst die Gärten innerhalb Paris,
-wurden mit einer Menge hoher Stangen bedeckt, die man mit
-großen Kosten errichten ließ. Die Klügern setzen eine Kupferspitze
-auf die Stange und verbinden sie durch einen Metalldraht mit
-dem feuchten Boden; andere behalten zwar die Spitze bei, lassen
-aber den Conductor weg; noch andere wenden, der Ersparung
-halber, die bloße Stange an. Ungeachtet dieser wesentlichen
-Verschiedenheiten hilft der Apparat gleich gut; niemals, behaup-

90) Muncke in Gehler's Wörterb. V, 82.
91) Journal de phys. XXI, 146. bei Muncke l. l.
92) Abh. d. Bair. Acad. Bd. V.

tet man, sey ein Feld, mit diesem Schutzmittel bewaffnet, vom Hagel getroffen[93]). Umsonst sagt man den Anhängern der unarmirten Stangen, daß ein Baum, weil er höher als eine Stange, auch viel wirksamer als sie seyn müßte, und daß es dennoch auf die waldigen Gegenden hagele; vergebens macht man den andern begreiflich, daß eine Kupferspitze der Stange keine besondere Eigenschaft ertheile, sobald sie nicht durch einen Metalldraht mit dem feuchten Boden verbunden sey; fruchtlos wendet man sich an die, welche den Apparat mit mehr Sorgfalt errichten, und setzt ihnen aus einander, daß an die Wirksamkeit der Hagelableiter nur dann zu glauben sey, wenn sie große Landstriche bedeckten, und daß es abgeschmackt sey, einen einzigen Weinberg durch einige Stangen schützen zu wollen, wenn sich in den benachbarten keine befinden, daß es ferner oft in Städten hagele, mitten zwischen Blitzableitern und sogar auf dieselben. Aber diese Gründe werden nicht beachtet: man glaubt dennoch, was man gern wünscht. Neuerlich sind sogar einige Agricultur-Gesellschaften in Frankreich aufgetreten, und haben verlangt, daß man gleichzeitig in einer großen Anzahl an einander stoßender Gemeinden Versuche mit Hagelableitern anstellen sollte. Die französische Regierung hat diesen Wunsch nicht genehmigt. Denn die Hoffnungen, welche man sich, gestützt auf einige wenige wissenschaftliche Data, auf einen glücklichen Erfolg zu machen geglaubt hat, sind zu schwach befunden worden, um die Kosten der Einrichtung solcher Apparate zu rechtfertigen. Wenn übrigens Versuche dieser Art beweisend seyn sollen, müßten sie viele Jahre hindurch fortgesetzt werden, und zwar ohne Vorurtheil. Allein die meisten der Personen, welche

---

93) **Routinier comme un agriculteur**, ist nach **Arago's** Bemerkung (**Ann. de chimie XXXIII, 418**) ein wahres Sprichwort, das sich auf diesen Fall anwenden läßt. **Muncke** erzählt eine Thatsache, welche die Wahrheit desselben auch bei vorliegender Untersuchung beweist. „Mir ist unter andern ein Fall bekannt, daß ein noch lebender Physiker im Auftrag der Landesregierung hingesandt wurde, um die Ursachen der so oft wiederkehrenden Hagelschauer und ihre mögliche Abhülfe zu untersuchen. Bei dieser Gelegenheit machte sein Begleiter die Landleute glauben, der Mann sey gesandt, um die Gewitter zu bannen, und weil sie von jener Zeit an wirklich ausblieben, so erhielt sich in jener Gegend lange der Glaube, daß die Bannung von Erfolg gewesen sey." **Gehler's Wörterbuch V, 44.**

sich mit dieser Frage beschäftigt haben, sind gewiß nicht vorurtheilsfrei. Man könnte einen Canton anführen, wo der Landmann nur dann zu gestehen wagt, daß der Hagel trotz der Ableiter seine Erndte zerstört hat, wenn er gewiß ist, nicht genannt zu werden [94]).

Muncke führt in der gedachten Abhandlung mehrere Thatsachen an, welche die Unwirksamkeit der Hagelableiter beweisen, und eben dieses haben die Erfahrungen in Würtemberg gezeigt. Damit fallen zugleich alle Folgerungen über den Haufen, welche man aus diesen Vorrichtungen in Betreff der electrischen Entstehung des Hagels hergeleitet hat.

Eine andere sehr scharfsinnige Theorie des Hagels rührt von L. v. Buch her [95]). Nach ihm gefriert das Wasser durch eine sehr starke Verdunstung. Wenn am Tage die Sonne mit großer Intensität auf den Boden scheint, so erhebt sich ein lebhaft aufsteigender Luftstrom, die Dämpfe werden nach Gegenden geführt, wo sie bald condensirt werden. Sie fallen als Tropfen herab; indem sie in den warmen noch stets aufwärts steigenden Strömen schnell verdunsten, kann eine so große Menge latenter Wärme gebunden werden, daß sie gefrieren; tiefer abwärts fallend condensirt sich auf ihrer Oberfläche neuer Dampf, welcher bald gefriert, und so wird das Hagelkorn, ein aus Eis und Schnee bestehender kleiner Gletscher, gebildet. Daher ist der Hagel auch dort am häufigsten, wo der aufsteigende Luftstrom am lebhaftesten ist, seltener ist er zwischen Sümpfen und Morästen, als in unbedeckten Gegenden, seltener über Wäldern, als über Waldblößen. Letztern Umstand betreffend, so bemerkt Schübler, daß die Anfangspunkte der Schloßenbildung im Würtembergischen nicht Sandflecke oder unangebaute leere Stellen in Wäldern seyen, sondern die wärmsten, meist mit Getreide und Wein angebauten Thäler und Bergabhänge [96]).

Diese Hypothese, nach welcher die schon gebildeten Regentropfen verdunsten und erst während des Fallens gefrieren, ist von Schübler, Ideler und andern Naturforschern mit Beifall

---

94) Arago in Poggendorff's Annalen XIII, 360.
95) Abh. d. Berl. Acad. 1814. S. 73 fg.
96) Schweigger's Jahrb. N. R. XIV, 291.

aufgenommen worden. Namentlich folgert Ideler aus den von Gay-Lussac angestellten Versuchen über die, durch Verdunstung des Wassers entstehende Kälte, daß ein solches Gefrieren wohl möglich sey, wofern man an ihr folgende Restriction mache: die Hagelbildung geht in den höhern unmittelbar unter der Wolke gelegenen Schichten beim Durchfallen der Tropfen durch dieselbe vor sich, nicht durch die ganze verticale Luftsäule bis zur Erdoberfläche [97]).

Wenn es auch wirklich möglich wäre, daß Regentropfen auf diese Art zu Eiskugeln gefrieren könnten, so glaube ich doch, daß diese Entstehungsart wenigstens nicht immer die naturgemäße ist. Wenn schon fertig gebildete Tropfen gefrieren, so werden diese nicht das schneeartige Ansehen haben, wir werden vielmehr Eiskugeln von mehr oder weniger beträchtlicher Größe finden. Sodann setzt diese Hypothese voraus, daß die Luft in den höhern Regionen gesättigt sey, späterhin aber wieder sehr trocken werde, indem nur alsdann eine Verdunstung von hinreichender Größe möglich ist, aber schwerlich dürften diese Umstände stets beisammen seyn.

Unter andern Hypothesen, welche über den Hagel aufgestellt sind, scheint mir die von Muncke, die ebenfalls den aufsteigenden Luftstrom zu Hülfe nimmt, Beachtung zu verdienen [98]). Die Graupeln zeigen sich nach ihm besonders im Frühlinge, wenn der Erdboden noch die Winterkälte hat, aber durch die Strahlen der höher steigenden Sonne bedeutend erwärmt wird, so daß eine nicht unbeträchtliche Menge Wasserdampf in die höhern Regionen aufsteigt, wo noch im Ganzen die kalten Luftströmungen des Winters herrschen. Die mit Wasserdampf gesättigten Luftschichten, welche dann in die Höhe steigen, werden wegen der schlechten Leitungsfähigkeit der Luft nicht eher abgekühlt, als bis sie durch einen Windstoß, das Eindringen der umgebenden kältern Luftschichten in ihre Masse, bewirkt durch einen partiellen Niederschlag, oder eine sonstige Ursache, mit den kältern Luftschichten gemengt sind. In dem Augenblicke, wo dieses geschieht, erfolgt eine Vereinigung des Wasserdampfes zu Regentropfen oder zusammen-

97) Poggendorff's Annalen XVII, 465.
98) Gehler's Wörterb. V, 68 fg.

den Schneeflocken, welche in der kalten umgebenden Luft zu- nmensintern, und je nach dem quantitativen Verhältnisse und niedern Temperatur der beigemischten kalten Luft wird aller asserdunst in Graupeln und Schnee, oder Graupeln allein, r Graupeln mit nachfolgendem Regen verwandelt, die ganze olke und mit ihr die obere kalte Luft senkt sich herab, es entsteht kurze Zeit dauernder, nicht sehr heftiger Sturm, oft blos starker Wind, und weil die gefrornen Theile unterweges nicht ge genug und in nicht sehr erwärmten Luftschichten verweilen, kommen sie ungeschmolzen auf die Erde.

Selbst im Winter werden sich in Gegenden, wo die Atmo- äre sehr feucht ist, Graupeln sehr häufig bilden, wenn Luft- ssen mit Heftigkeit und Schnelligkeit gemischt werden, und die dung der Kügelchen durch Wirbelwinde begünstigt wird, welche entstandenen Flocken schnell drehen. Daher finden wir an der stküste Europa's so häufig Hagel im Winter. Ich selbst habe den Hagelschauern im Winter häufig dieselbe Erfahrung ge- cht, als bei den Wintergewittern, daß nämlich das Barometer, lches bis dahin schnell gesunken war, mit dem Hagelschauer zu gen anfing. Daß übrigens in Folge dieses Vorganges e sehr starke Electricität entwickelt werde, ergiebt sich von selbst s dem bisher Gesagten, es braucht diese Electricität aber nicht tark zu seyn, daß ein eigentliches Gewitter entstehe.

Stimmen die Graupelschauer in Betreff ihrer Entstehung t den Wintergewittern überein, so finden wir eine eben solche hnlichkeit zwischen Gewittern und Hagel im Sommer. Soll ein Hagelwetter im Sommer ausbilden, so ist große Ruhe Atmosphäre erforderlich, namentlich ist dieselbe für die obern gionen der Atmosphäre eine wesentliche Bedingung; daher fin- wir auch, daß die Wolken an Tagen, wo sich Hagelschauer ıen, entweder völlig ruhig stehen, oder sich doch nur langsam vegen, obgleich in der Tiefe vielleicht ein mehr oder weniger hafter Wind weht. Ein zweites Erforderniß ist lebhafte Ein- kung der Sonne auf den Boden, wobei das Thermometer en für die Jahreszeit ungewöhnlich hohen Stand erhält. Mei- ns ist dann die Atmosphäre dem Zustande der Sättigung nahe, Hitze ist uns mehr oder weniger drückend, obgleich das Ther- meter keineswegs einen entsprechend hohen Grad von Wärme

anzeigt. Dadurch erhält die Luft eine sehr starke Steigkraft und der aufsteigende Strom wird lebhaft, um so mehr, da die Atmosphäre in den obern Regionen eine Temperatur hat, welche weit geringer ist, als es die Temperatur der Ebenen und das Gesetz, welches wir früher für die mittlere Abnahme der Wärme mit der Höhe entwickelt haben, erfordert. Es ist schon mehrfach der Erfahrungen von Brandes und la Pérouse gedacht, wonach die Wärmeabnahme an Tagen, wo Gewitter entstehen, sehr anomal ist. In Betreff des vorliegenden Phänomenes folgert Schübler aus den Beobachtungen in Würtemberg, daß sich die tiefern Gegenden an heißen Sommertagen oft mehr erwärmen, als dieses nach dem gewöhnlichen Gesetze der Wärmeabnahme der Fall seyn sollte. Genkingen auf der Alp liegt 1700 bis 1800 Fuß über dem mittlern Neckarthale, welches einer Temperaturverschiedenheit von 3° entsprechen würde, an einzelnen heißen Tagen steigt aber die Temperatur in diesen tiefern Gegenden um 4, 5 bis 6 Grad höher als auf der Alp, wie dieses am 13ten und 30sten Julius 1823 der Fall war, an beiden Tagen fiel sehr verderblicher Hagel [99]).

Eine Vergleichung mehrerer Hagelschauer in Baiern, wobei ich die in den Mannheimer Ephemeriden mitgetheilten Beobachtungen benutzte, hat mich zu demselben Resultate geführt. Es genüge hier einige Hagelschauer anzuführen, welche im Jahre 1791 zu München Statt fanden, nachdem das Wetter vorher heiter gewesen war. Zur Vergleichung der Temperaturen nehme ich die Beobachtungen im Kloster auf dem Peißenberge

	München	Peißenberg
Mai 13	16°,8 R	10°,6 R
Junius 3	20,0	15,0
8	16,0	8,4
August 26	14,0	8,7

Nach der Berechnung von Schön liegt München 1628,8, Peißenberg 3087,6 Fuß über dem Meere, der Höhenunterschied beträgt also 243,1 Toisen. Leiten wir hieraus die Größe her, um welche man in die Höhe steigen muß, wenn die Wärme um

99) Schweigger's Jahrb. N. R. XIV, 231.

n Grad des hunderttheiligen Thermometers sinken soll, so er-
en wir folgende Werthe:

Mai	13:	31,4 Toisen
Junius	3:	38,9
	8:	25,6
August	26:	34,1
Mittel		32,5

se Temperaturabnahme ist weit bedeutender als diejenige, che wir oben für den mittlern Zustand der Atmosphäre gefun- haben, da wir hiernach (S. 139) im Sommer nahe an Toisen für eine Wärmeabnahme von einem Grade des hundert-ligen Thermometers annehmen müssen.

Steigt nun der Dampf mit Schnelligkeit in die Höhe, so mt er nach und nach in Regionen, wo die Temperatur weit riger ist, als seine Elasticität erfordert, er wird daher con- sirt. Unter den Wolken, welche sich an Tagen zeigen, wo gel fällt, macht meistens der Cirrus den Anfang; es zeigen sich elne verwaschene Fäden, welche sich immer weiter ausbreitend Himmel ein weißes Ansehen geben. Diese Cirri, welche ner Ansicht zufolge die eigentlichen Hagelwolken sind, bestehen n aus Schneeflocken, wie es das fast beständige Erscheinen von en in ihnen mehr als wahrscheinlich macht. Diese Höhe, in der sich der Schnee bildet, läßt sich nach dem eben Gesagten t bestimmen. Nehmen wir nämlich an, die Wärme der Ebene age 25° C, und die Höhe, in welcher die Temperatur um C sinkt, sey 33 Toisen, so würden wir in einer Höhe von Toisen bereits die Temperatur des thauenden Eises finden. nen wir der Einfachheit halber nur 40 Toisen für eine Wärme- hme von 1°, so hätten wir doch schon in 1000 Toisen Höhe Wärme von 0°. Die Cirri aber scheinen in einer Höhe von 20000 Fuß zu schweben [1]); nehmen wir dafür nur 12000 , so würden wir in dieser Höhe doch eine Temperatur von 25° finden, eine Temperatur, bei welcher sich Eis bilden . Diese Höhe ist freilich geringer als diejenige, welche Ide- durch ähnliche Betrachtungen findet, indem er bei einer Tem-

Bd. I. S. 386.

peratur von 15° R, wo doch nicht selten Hagel entsteh
die Höhe des Gefrierpunktes 13167 Fuß findet, „eine Hö
die Unstatthaftigkeit dieser Hypothese sogleich nachweist, oh
es weiterer Einwürfe bedürfte." [2]) Aber Ideler hat hi
mittlere Abnahme der Wärme zu Grunde gelegt, ohne zu
ten, daß die Wärme im Sommer im Allgemeinen und an
tagen im Besondern weit schneller abnimmt, als im Mitte

Wenn auch vielleicht in den obern Regionen die
abnahme wieder langsamer erfolgen mag, als in der Nähe
dens, so sehen wir doch wenigstens so viel, daß in einer H
12000 Fuß schon eine Temperatur vorhanden ist, bei
der Dampf in Schnee verwandelt werden kann, und
solche Umbildung wirklich Statt findet, scheint das mehr
wähnte Erscheinen von Höfen zu beweisen. Diese Tem
wird durch den Niederschlag selbst wieder erhöht, inde
die latente Wärme des Dampfes bei dem doppelten Nied
zu Bläschen und dieser zu Eis frei wird; auch ist gewiß,
mit Lebhaftigkeit auf den Cirrus scheinende Sonne diesen e
Wirken nun diese Umstände dahin, die Temperatur der
erhöhen, so wird diese Zunahme durch einen andern
meistens compensirt, vielleicht sogar übertroffen. Diese
Wärmestrahlung an der obern Seite der Wolke, auf welc
Lussac zuerst aufmerksam machte, und welche auch Hu
sehr wirksam bei diesem Vorgange hält [3]). Diesen Vorg
Muncke für unmöglich [4]), theils weil er die Wärmes
selbst nach dem Modulationssysteme für wenig wahrschein
theils weil er glaubt, daß es nicht möglich sey, daß die
ratur eines die Wärme ausstrahlenden Körpers unter die
gebung sinken könne. Erstern Einwurf anlangend, so
schon früher meine Ansichten über den Gegenstand mit
was den zweiten betrifft, so handelt es sich nach dem
weniger darum, daß die Temperatur der Wolke unter die
gebung sinke, als vielmehr um die Nichterwärmung durc
gewordene Wärme und durch die Sonne. Schon die

2) Poggendorff's Annalen XVII, 454.
3) Humboldt Voyage VI, 352.
4) Gehler's Wörterb. V, 67.

n Wilson [5]) zeigen, wie lebhaft der Schnee selbst bei gewöhn- dem Luftdrucke die Wärme ausstrahlt, noch mehr muß dieses in der ,r dünnen Luft der obern Regionen der Atmosphäre der Fall seyn, ohnehin die erwärmten Luftmassen wegen des geringern Wider- ndes weit leichter in die Höhe steigen und durch kältere ersetzt erden. Auch Ideler hält die Wärmestrahlung für völlig unwirk- m. Es müßte nämlich darnach Hagel unter den Tropen am häu- sten vorkommen, was doch keineswegs der Fall ist. Denn zwi- chen den Tropen ist die Wärmestrahlung am stärksten, wie man s den durch sie hervorgebrachten Wirkungen sieht [6]). Jedoch ziehen sich die von Ideler erwähnten Fälle nur auf die trock- ene Jahreszeit, in der nassen ist die Wärmestrahlung dort ge- inger als bei uns an heitern Tagen, wie dieses die kleine Diffe- renz zwischen den täglichen Temperaturextremen zeigt. Auch fehlt wischen den Tropen, wo alle Erscheinungen sehr wenig von dem llgemeinen Naturgesetze abweichen, in vielen Fällen die schnelle bnahme der Wärme mit der Höhe. Daß jedoch hier der Hagel während des Fallens häufig nur geschmolzen wird, zeigt sein Vor- ommen auf den Gebirgen.

Dieser Zustand, welcher vorzugsweise da Statt finden kann, o die Localverhältnisse das Aufsteigen der Luft- und Dampfmas- en erleichtern, also besonders in eingeschlossenen Thälern, ist ein nnatürlicher, und es bedarf nur geringer äußerer Umstände, um ie Bildung des Niederschlages zu erleichtern und dieses labile leichgewicht aufzuheben. Namentlich gehören hieher partielle uftströme, welche eine specielle Vermischung der Luftschichten von ngleicher Temperatur bewirken. Daß Ströme dieser Art, welche Muncke nicht beachtet, vorhanden seyn können, scheint beson- ders aus einzelnen Wolken, namentlich aus den weit ausgedehn- ten Cirrostratis, hervorzugehen, welche sich zu solchen Zeiten häufig eigen und bei geringer Breite von einem Theile des Horizontes um andern gehen. Indem dadurch der Niederschlag begünstigt wird, sinken kalte Luftmassen in die Tiefe, bewirken einen neuen Niederschlag; indem dadurch nothwendig Wirbel entstehen, so werden die ursprünglich gebildeten Schneeflöckchen hin und her ge-

5) Bd. I. S. 359.

6) Poggendorff's Annalen XVII, 156.

peratur von 15° R, wo doch nicht selten Hagel entsteht, für die Höhe des Gefrierpunktes 13167 Fuß findet, „eine Höhe, die die Unstatthaftigkeit dieser Hypothese sogleich nachweist, ohne daß es weiterer Einwürfe bedürfte." [2]) Aber Ideler hat hiebei die mittlere Abnahme der Wärme zu Grunde gelegt, ohne zu beachten, daß die Wärme im Sommer im Allgemeinen und an Hageltagen im Besondern weit schneller abnimmt, als im Mittel.

Wenn auch vielleicht in den obern Regionen die Wärmeabnahme wieder langsamer erfolgen mag, als in der Nähe des Bodens, so sehen wir doch wenigstens so viel, daß in einer Höhe von 12000 Fuß schon eine Temperatur vorhanden ist, bei welcher der Dampf in Schnee verwandelt werden kann, und daß eine solche Umbildung wirklich Statt findet, scheint das mehrfach erwähnte Erscheinen von Höfen zu beweisen. Diese Temperatur wird durch den Niederschlag selbst wieder erhöht, indem dabei die latente Wärme des Dampfes bei dem doppelten Niederschlage zu Bläschen und dieser zu Eis frei wird; auch ist gewiß, daß die mit Lebhaftigkeit auf den Cirrus scheinende Sonne diesen erwärmt. Wirken nun diese Umstände dahin, die Temperatur der Wolke zu erhöhen, so wird diese Zunahme durch einen andern Umstand meistens compensirt, vielleicht sogar übertroffen. Dieses ist die Wärmestrahlung an der obern Seite der Wolke, auf welche Gay-Lussac zuerst aufmerksam machte, und welche auch Humboldt sehr wirksam bei diesem Vorgange hält [3]). Diesen Vorgang hält Muncke für unmöglich [4]), theils weil er die Wärmestrahlung selbst nach dem Modulationssysteme für wenig wahrscheinlich hält, theils weil er glaubt, daß es nicht möglich sey, daß die Temperatur eines die Wärme ausstrahlenden Körpers unter die der Umgebung sinken könne. Erstern Einwurf anlangend, so habe ich schon früher meine Ansichten über den Gegenstand mitgetheilt; was den zweiten betrifft, so handelt es sich nach dem Gesagten weniger darum, daß die Temperatur der Wolke unter die der Umgebung sinke, als vielmehr um die Nichterwärmung durch die frei gewordene Wärme und durch die Sonne. Schon die Versuche

2) Poggendorff's Annalen XVII, 454.
3) Humboldt Voyage VI, 352.
4) Gehler's Wörterb. V, 67.

von Wilson [5]) zeigen, wie lebhaft der Schnee selbst bei gewöhnlichem Luftdrucke die Wärme ausstrahlt, noch mehr muß dieses in der sehr dünnen Luft der obern Regionen der Atmosphäre der Fall seyn, wo ohnehin die erwärmten Luftmassen wegen des geringern Widerstandes weit leichter in die Höhe steigen und durch kältere ersetzt werden. Auch Ideler hält die Wärmestrahlung für völlig unwirksam. Es müßte nämlich darnach Hagel unter den Tropen am häufigsten vorkommen, was doch keineswegs der Fall ist. Denn zwischen den Tropen ist die Wärmestrahlung am stärksten, wie man aus den durch sie hervorgebrachten Wirkungen sieht [6]). Jedoch beziehen sich die von Ideler erwähnten Fälle nur auf die trokkene Jahreszeit, in der nassen ist die Wärmestrahlung dort geringer als bei uns an heitern Tagen, wie dieses die kleine Differenz zwischen den täglichen Temperaturextremen zeigt. Auch fehlt zwischen den Tropen, wo alle Erscheinungen sehr wenig von dem allgemeinen Naturgesetze abweichen, in vielen Fällen die schnelle Abnahme der Wärme mit der Höhe. Daß jedoch hier der Hagel während des Fallens häufig nur geschmolzen wird, zeigt sein Vorkommen auf den Gebirgen.

Dieser Zustand, welcher vorzugsweise da Statt finden kann, wo die Localverhältnisse das Aufsteigen der Luft- und Dampfmassen erleichtern, also besonders in eingeschlossenen Thälern, ist ein unnatürlicher, und es bedarf nur geringer äußerer Umstände, um die Bildung des Niederschlages zu erleichtern und dieses labile Gleichgewicht aufzuheben. Namentlich gehören hieher partielle Luftströme, welche eine specielle Vermischung der Luftschichten von ungleicher Temperatur bewirken. Daß Ströme dieser Art, welche Muncke nicht beachtet, vorhanden seyn können, scheint besonders aus einzelnen Wolken, namentlich aus den weit ausgedehnten Cirrostratis, hervorzugehen, welche sich zu solchen Zeiten häufig zeigen und bei geringer Breite von einem Theile des Horizontes zum andern gehen. Indem dadurch der Niederschlag begünstigt wird, sinken kalte Luftmassen in die Tiefe, bewirken einen neuen Niederschlag; indem dadurch nothwendig Wirbel entstehen, so werden die ursprünglich gebildeten Schneeflöckchen hin und her ge-

---

5) Bd. I. S. 359.

6) Poggendorff's Annalen XVII, 156.

trieben, zusammengeballt und durch von ihnen selbst condensirten Dampf zusammengekittet.

Durch diesen Vorgang, welcher sich im Sommer sehr häufig zeigt, können Hagelkörner gebildet werden, es ist jedoch kein wesentliches Erforderniß dieser Hypothese, daß Hagelkörner fallen müssen; es zeigt sich vielmehr dieser Prozeß oft mehrere Tage hinter einander, ohne daß ein Niederschlag erfolgt, höchstens zeichnen sich die Nächte durch reichlichen Thau aus: ein Beweis von dem großen Dampfgehalte der Atmosphäre. Indem die Schneeflocken in die Tiefe sinken und auf warme aufsteigende Luftmassen treffen, können sie sehr schnell verdunsten, dabei aber vielleicht nicht einmal die Region erlangen, in welcher die Cumuli in der Regel schweben.

Erst wenn die Atmosphäre so feucht ist, daß sich Cumuli bilden, wird die Verdunstung der Schneeflocken erschwert. Jetzt aber wird die Zahl und Ausdehnung der Luftströme immer größer, es können dann, wenn das labile Gleichgewicht gestört ist, kalte Luftmassen mit großer Schnelligkeit in die Tiefe sinken und dadurch die Condensation befördern. Wenn dann eine solche Luftmasse sich senkt, so werden Winde nach allen Seiten wehen, was wir auch jedesmal bei Hagelwettern an dem Zuge der Wolken sehen, welche, nach allen Richtungen mit ungeheurer Schnelligkeit eilend, einen hinreichenden Beweis von der großen Unruhe der Atmosphäre geben. Stürzt eine solche Luftmasse in die Tiefe, dann werden die Hagelkörner durch den Nimbus in die Tiefe geführt; sind die Körner selbst hinreichend groß, ihre Temperatur hinreichend niedrig, so wird in jedem Moment auf ihrer Oberfläche Dampf niedergeschlagen, ihr Volumen nimmt an Umfang zu. Wenn der erste Hagel herabfällt, so trifft er noch auf eine erwärmtere Luft; schlägt sich auf seiner Oberfläche ein Dampftheilchen nieder, so wird dieses vielleicht noch die Gestalt eines Schneeflöckchens annehmen, aber im weitern Verlaufe wird die Atmosphäre theils durch den kalten Hagel, theils durch den wahrscheinlich tiefer herabsinkenden kalten Luftstrom dem Zustande der Sättigung näher gebracht; das Wasser schlägt sich bei jedem folgenden Niederschlage auf der Oberfläche der Körner in größerer Menge nieder, es kann nicht mehr regelmäßig krystallisiren, son-

dern bildet eine dicke durchsichtige Rinde um den undurchsichtigen Schneekern.

Auch in diesem Falle ist nur die Möglichkeit, keineswegs die Nothwendigkeit des Hagels gezeigt worden. Nur dann, wenn die Temperaturdepression hinreichend war, konnte der Hagel als Hagel erscheinen; ist jenes nicht der Fall, so erscheint er als Regen, indem er während des Fallens geschmolzen wird. Daher finden wir auch nach jedem Hagelwetter eine sehr bedeutende Temperaturdepression; so erwähnt Muncke eine von ihm in Hannover beobachtete Thatsache, welche letztere hinreichend zeigt, indem die Wärme vor dem Hagelwetter 31°,2 (25° R), nach demselben 6°,2 (5° R) war. Ja selbst während desselben Hagelwetters scheinen viele Körner geschmolzen zu werden, wie die einzelnen Pausen zwischen jedem Niederschlage beweisen; es scheint, als ob der kalte Luftstrom sich jedesmal mit Schnelligkeit herabsenken und eine große Menge Hagelkerne bis zu bedeutender Tiefe führen müsse. Daß wenigstens eine sehr bedeutende Stoßkraft auf die Hagelkörner wirke, geht aus dem von mir mehrmals beobachteten Umstande hervor, daß bei demselben Hagelwetter die Bahn der herabfallenden Körner sehr gegen die Verticale geneigt ist, während die Regentropfen häufig vertical fallen. Auf den Einfluß, welchen die Heftigkeit dieser Bewegungen hat, machte schon Beccaria aufmerksam. Werden nämlich die Wolken mit großer Schnelligkeit hin und her bewegt, so regnet es gewöhnlich sehr stark; ist aber die Bewegung außerordentlich heftig, so hagelt es [7]).

Die Thatsache, daß die Hagelkörner in der obersten Wolkenschicht gebildet werden, erhält nicht nur durch Beobachtung des Vorganges auf den Ebenen, sondern auch durch die Erzählung von Péron, daß der Hagel aus jener obersten Schicht fiel, einen hohen Grad von Wahrscheinlichkeit. De Luc, welcher ebenfalls der Meinung ist, daß ein Schneeflöckchen den Kern des Hagels bilde, glaubte anfänglich ebenfalls, daß sich diese Schneeflocken in den höchsten Regionen der Atmosphäre bildeten und dann durch die tiefere Wolke fallend größer würden [8]), nahm aber in der

7) Beccaria Elettricismo bei Muncke l. l.

8) de Luc Modif. de l'atm. §. 714. III, 266.

Folge die Ansicht zurück, da er auf den Gebirgen bei Turin eine Erfahrung machte, welche die Existenz dieser beiden Wolkenschichten nicht bewies; „der Himmel war allenthalben leicht bewölkt, außer am südlichen Horizonte sah man ein schreckliches Gewitter und aus dieser Gegend kam ein schwacher Wind." Aus dieser Thatsache folgert de Luc [9]), daß der Hagel nicht in der höchsten Region gebildet werde. Sollte aber diese Thatsache, welche dem auf einer Höhe stehenden Beobachter am Horizonte erschien, wohl hinreichend beweisen, daß der Hagel nicht in der Höhe gebildet wurde, zumal da der Himmel „allenthalben leicht bewölkt" war. De Luc führt noch einen andern Grund gegen diese Hypothese an, es habe nämlich nie ohne die tiefere Gewitterwolke gehagelt, was doch zuweilen hätte geschehen können, wenn der Hagel in der Höhe gebildet wurde. Aber in diesem Falle erstrecken sich jene partiellen Luftströme nicht bis zu bedeutender Tiefe: fallen auch Schneeflocken herab, so werden sie in der wärmern Luft entweder geschmolzen und sie erscheinen als Regentropfen, oder sie verdunsten während des Herabfallens.

Aus dem kalten Luftstrome, welcher sich nach dem Gesagten in die Tiefe stürzt, und dadurch das Schmelzen der Hagelkörner verhindert, ergiebt sich jenes oben erwähnte Rasseln und Rauschen, welches man in einer ankommenden Hagelwolke hört; das Herabsinken der Wolken und die traubenförmige Gestalt, welche letztere häufig annehmen. Soll dieser Strom aber hinreichend wirksam seyn, so muß er sich frei ausbreiten können, es muß ihm möglich seyn, die Luftmassen, welche er vorfindet, leicht aus ihrer Stelle zu treiben. Da letztere in der Nähe von hohen Bergwänden weniger leicht ausweichen können, als da wo sie auf keine Hindernisse treffen, so wird in der Nähe steiler Berge der Hagel nicht so bedeutend seyn, als in einiger Entfernung, ganz den Erfahrungen von Saussure entsprechend. Es können aber bei diesem Vorgange die Localverhältnisse einen so bedeutenden Einfluß haben, daß es kaum möglich wird, allgemeine Gesetze in dieser Hinsicht aufzustellen. Wenn auf der einen Seite Gebirgsmassen die Entfernung der tiefern Luft verhindern, so geben sie auf der andern zu vielen localen Luftströmen Veranlassung, und dadurch entsteht

9) de Luc Idées II, 156. §. 642.

ie große Menge von möglichen Fällen, welche sich in den ein-
nen Gegenden auf sehr ungleiche Art zeigen.

Wir haben früher gesehen, daß die Vertheilung der Hagel-
hauer im Jahre große Aehnlichkeit mit der Vertheilung des Re-
ns hat; so wie die Sommerregen beim tiefern Eindringen in
is europäische Festland größer werden, so erhalten die Hagel-
etter im Sommer ein größeres Uebergewicht. Aber es zeigen
h dabei doch einige Differenzen. Ich habe besonders darauf
ngewiesen, daß in Rom namentlich so wenige Hagelschauer im
erbste vorkommen, obgleich in dieser Jahreszeit der Regen das
:bergewicht über den in den übrigen Jahreszeiten hat. Sollten
ntersuchungen an mehreren Orten Italiens zeigen, daß diese
ifferenz in dem Verhalten beider Phänomene ein Naturgesetz
y, so müßten wir sie aus dem früher erwähnten warmen Luft-
:ome der Sahara ableiten. Die obern Luftmassen behalten noch
ne bedeutend hohe Temperatur vom Sommer her; da es häufig
dieser Jahreszeit regnet, so ist die Atmosphäre schon in mäßigen
öhen feuchter, die Dämpfe steigen nicht bis zu bedeutenden Hö-
n, sondern werden schon condensirt, ehe sie die zum Gefrieren
forderlichen Regionen erreichen, und daher fällt der Dampf
eistens als Regen, selten als Hagel herab. Um jedoch hierüber
:nügende Resultate zu erhalten, wird nicht nur eine aufmerk-
me Beobachtung der Wolkenarten, sondern auch eine Kenntniß
r Höhe der verschiedenen Modificationen der Wolken in ver-
hiedenen Jahreszeiten erfordert.

Schwierig ist die Beantwortung der Frage, weshalb ein-
lne Hagelwetter bei geringer Breite eine so bedeutende Ausdeh-
ıng in der Länge haben. Da Hagelwetter, welche sich über
nen großen Raum erstrecken, wie das vom 13ten Julius 1788,
lten vorkommen, so sehen wir schon hieraus, daß zur Ausbil-
ıng derselben ein Zusammentreffen ganz außerordentlicher Um-
ände erforderlich ist. Unglücklicherweise sind in diesem Jahr-
ınge der Mannheimer Ephemeriden nur die täglichen Mittel vom
arometer- und Thermometerstand angegeben, aber in la Ro-
elle, Middelburg und Brüssel zeichneten sich der 11te und 12te
ılius durch eine ungewöhnlich hohe Temperatur aus; eben die-
s fand allenthalben in Deutschland Statt. Dadurch mußten
e Dämpfe eine sehr große Steigkraft erhalten und sich mit Leich-

tigkeit nach den höchsten Gegenden der Atmosphäre ausbreiten. Das Barometer, welches in diesem Monate im Allgemeinen ruhig stand, hatte dabei eine Höhe, welche nicht viel über dem Minimum lag, und erreichte la Rochelle am 12ten Abends den niedrigsten Stand im Monate. Wäre es hiebei nicht möglich, daß der Südwind durch einen Nordwind verdrängt wurde, und daß die stark verhagelte Region in Frankreich die Gränzen bezeichnete, wo beide Winde zusammentrafen?

Sind in der Atmosphäre leichte, durch Stürme in die Höhe gehobene, Körper vorhanden, so wird sich um diese das Eis um so leichter anlegen, da es eine anderweitig bekannte Thatsache ist, daß Eis vorzüglich um feste Körper herum krystallisirt, sobald diese Körper nur hinreichend kalt sind. Daher die Spreu- und Sandkörner im Innern der Massen. Woher aber die Schwefelkiese kommen, welche man zuweilen als Kern gefunden hat, ist eine Frage, die ich nicht zu beantworten im Stande bin. Waren es etwa Körper, die vorher in Dampfgestalt in der Luft existirten und dann plötzlich bei der Erkaltung krystallisirten? Oder waren es kleine Meteorsteine, die bei dem Hagelschauer herabfielen? Oder dürfen wir annehmen, daß diese Massen vorher durch Winde in die Höhe geschleudert wurden?

Demjenigen zufolge, was wir früher über die electrischen Meteore im Allgemeinen gesagt haben, ist es von selbst einleuchtend, daß bei dieser Condensation eine mehr oder weniger lebhafte Electricität auftreten müsse. Starke Hagelwetter im Sommer sind meistens von heftigen Gewittern begleitet, da zur Bildung des Hagels stets eine sehr rasche Condensation der Dämpfe erforderlich ist. Die lebhafte Bewegung der Wolken, die verschiedenen Schichten, aus denen sie bestehen, die ungleichen Richtungen, nach denen sie ziehen, zeigen hinreichend, wie Stärke und Art der Electricität so schnell wechseln können.

Eine etwas abweichende Ansicht über die Entstehung des Hagels hat neuerdings Olmsted aufgestellt[10]), er berücksichtigt dabei aber nicht sowohl den aufsteigenden Luftstrom, als vielmehr ein Gefrieren der Dämpfe durch das Zusammentreffen von un-

10) Silliman American Journ. of Sc. XVII, 1, daraus Schweigger-Seidel's Neues Jahrbuch I, 154.

gleich erwärmten Luftmassen der Polar- und Aequatorialgegenden. Indem er nämlich davon ausgeht, daß Hagelwetter in der heißen Jahreszeit vorzüglich der gemäßigten Zone eigenthümlich seyen, untersucht er die Frage, welche Ursachen uns zu der Annahme veranlassen können, daß diese Erscheinung der in den höhern Regionen herrschenden Kälte ihren Ursprung verdanke. Die Höhe, in welcher die Temperatur der Luft gleich 0 wird, beträgt unter dem Aequator 15000, in 30° Breite 12000 und unter 50° Breite 6000 englische Fuß. Betrachten wir nun einen in horizontaler Richtung wehenden Wind zuerst nahe über der Oberfläche der Erde, dann in verschiedenen Höhen, so wird dieser Strom verschiedene Modificationen erleiden. Es komme dieser Wind zuerst von den Polargegenden nach dem Aequator. In der Zeit, wo er über der Oberfläche der Erde hinwegstreicht, wird er beim Durchgange durch die wärmern Breiten schnell die Hitze dieser Oberfläche einsaugen; in einer Höhe von 1000 Fuß wird der erwärmende Einfluß der Erde viel geringer seyn und der Wind sich weit langsamer als in dem vorigen Falle erwärmen; in einer Höhe von 10000 Fuß endlich wird er meistentheils ganz frei über die Gebirge fortziehen und sich gleich einem blos durch die Atmosphäre wehenden Luftstrome verhalten. Da nun, wie im Golfstrome, ein flüssiger Körper, beim Durchschneiden eines andern ebenfalls flüssigen Körpers von abweichender Temperatur, seine eigene Wärme nur sehr langsam ändert, so wird ein Wind, welcher in einer Höhe von 10000 Fuß über der Oberfläche der Erde von Nord nach Süd wehet, eine große Strecke durchlaufen, ohne seine Temperatur merklich zu ändern. Ganz dasselbe gilt von der Erkaltung eines von Süden nach Norden wehenden Stromes. Olmsted nimmt nun an, daß zwei solche Ströme zusammenkommen, und daß dadurch der Dampf bis zum Gefrieren erkaltet werde. Gesetzt nun, einer dieser Ströme komme aus einer Breite von 30°, der andere aus der von 50°, und beide hätten eine solche Geschwindigkeit, daß sie in der Stunde 15 geographische Meilen zurücklegten, so würden sie sich nach Verlauf von 10 Stunden in der Breite von 40° treffen, und jeder von ihnen hätte noch sehr nahe seine ursprüngliche Temperatur. Nehmen wir also an, beide Ströme zögen in der Höhe von 10000 Fuß fort, so zöge der Südwind noch 2000 Fuß unter, der Nordwind dagegen

4000 Fuß über der Region des Gefrierpunktes. Unmittelba[r bei] dem Zusammentreffen dieser Winde wird der Wasserdampf des [war]men Windes mit einer der niedern Temperatur des kältern en[tspre]chenden Intensität gefrieren; die so gebildeten und mit einer au[ßer]ordentlichen Kälte begabten Hagelkörner werden ihren Fall so[gleich] beginnen und während desselben nach Verhältniß der Stärke [der] Kälte und des Dampfgehaltes der untern Luftschichten ihr Vo[lu]men vergrößern. Näher an dem Aequator, wo sich die Tem[pe]ratur langsamer ändert, haben die Luftmassen nahe dieselbe Tem[pe]ratur, es findet daher keine so bedeutende Condensation Sta[tt] und der Hagel fällt nur in der Nähe hoher Gebirge, wo [der] Schnee auf der Spitze von diesen eine hinreichende Condens[ation] erzeugen kann. In der kalten Zone fehlt der benachbarte war[me] Strom und wir finden daher hier eben so wenig große Hagelkör[ner].

Ich wende mich zu dem letzten der sogenannten electri[schen] Phänomene, zu den Wasserhosen, Tromben. Ich h[abe] bereits mehrmals der Wirbelwinde gedacht, welche sich bei [der An]kunft eines Gewitters zu erheben pflegen. Diese Wirbel h[aben] die größte Aehnlichkeit mit denen, welche wir beobachten, [wenn] Wassermassen neben einander nach verschiedenen Richtungen f[ließen]. Kleine Wirbel, welche uns zugleich diese Art der Entstehung na[ch]weisen, bemerken wir häufig bei schwachem Winde hinter ein[em] Hause, oder einem andern frei stehenden Gegenstande. Inde[m] hinter diesem die Luft gewissermaßen stagnirt, wirken an [der] Gränze dieser ruhenden Luftmasse und des vorbeistreichenden Win[des] auf die vorhandenen Lufttheilchen mehrere Kräfte. Denk[en] wir uns eine horizontale Linie senkrecht auf die Trennungsfläche ge[zogen], so befinden sich auf ihr einige Theilchen vollkommen im Zu[stande] der Ruhe, während der Wind andere mit der ihm eigen[thümlichen] Geschwindigkeit forttreibt. Von diesem Maximo der Bewegung bis zur vollkommenen Ruhe findet auf der gedachten Linie ein allmähliger Uebergang Statt, es müssen wegen der freien Beweglichkeit der Theilchen Wirbel entstehen, welche zugleich mit dem herrschenden Winde fortrücken. Man erkennt diese Wirbel daran, daß leichte Körper, wie Spreu, Baumblätter, Staub u. s. w. oft mehrere Fuß hoch erhoben werden. Ganz etwas Aehnliches zeigt sich auf dem Meere, nur daß hier das Phänomen meistens nur dann beachtet wird, wenn es eine größere

Stär-

ſtärke erreicht; dann findet eine Verbindung zwischen Wolke und Oberfläche des Meeres Statt, welche man mit dem Namen Wasserhose bezeichnet.

Diese Wasserhosen zeigen sich nicht allenthalben auf dem Meere gleich häufig. Auf der Mitte der Aequatorialmeere treffen wir sie nur da an, wo der Passat nicht regelmäßig weht, wenigstens erinnere ich mich nicht, irgend einen entgegengesetzten Fall gefunden zu haben. Sie zeigen sich in niedern Breiten auf dem hohen Meere nur in der Region der Calmen, wo entweder Windstillen oder veränderliche Winde wehen. Am häufigsten treffen wir sie in der Nähe des Landes, wo unbeständige Winde und Temperaturen herrschen [1]). Die meisten mir bekannten Beispiele scheinen darauf zu deuten, daß sie sich vorzugsweise in der Nähe hoher und steiler Küsten zeigen. Wir finden sie besonders an der Küste von Guinea, in der Straße von Malacca, im mittelländischen Meere und im rothen Meere; eben so sind sie im Canale und im finnischen Meerbusen öfter beobachtet worden.

Diese Erscheinungen sind nach den vielen von Horner zusammengestellten Erscheinungen nie die Wirkung eines allgemeinen Windes, vielmehr herrscht rings um sie Windstille (l. l.). Bleiben wir daher zunächst bei den Erscheinungen in Canälen stehen, so wird es uns hier nicht schwierig, die Möglichkeit der Entstehung solcher Wirbelwinde zu erkennen. Wenn dann das Wasser schnell verdunstet, während die erwärmten Luftmassen über dem Lande schnell in die Höhe steigen, so wird dadurch das stabile Gleichgewicht aufgehoben und es kann ein kalter Luftstrom in die Tiefe sinken. Weht in den obern Regionen ein nach irgend einer Seite gerichteter Wind, so wird die herabsinkende Luftmasse sich auch nach dieser Richtung fortbewegen und durch das Zusammentreffen dieser mit der ruhenden Atmosphäre in der Tiefe kann eine wirbelnde Bewegung erzeugt werden; dabei ist es wahrscheinlich, daß sich der herabfallende kalte Luftstrom eben so nach allen Seiten ausbreite, als dieses von den Gewitterstürmen mehrfach erwähnt

Wir besitzen über die Richtung der Winde zur Zeit von Wasserhosen nur wenig Beobachtungen, aber Franklin erzählt eine Thatsache, welche das Gesagte zu bestätigen scheint. Ein

1) Horner in Gilbert's Annalen LXXIII, 95.

Wallfischfänger von Nantucket erzählte ihm nämlich, daß, da von ihren Schiffen von einer Windstille überfallen wurden, sie u fähr eine (englische) Meile von einander lagen und ein gleichseit Dreieck bildeten. Nach Verlauf einiger Zeit wurden sie eine W serhose in der Mitte des Dreieckes gewahr, und es erhob sich kühler und lebhafter Wind, wodurch die Segel von allen schwollen: aus ihrer Segelfaltung sowohl, als aus der Richt ihrer Schiffe merkten sie alle, daß sie zu gleicher Zeit die Wa hose unter dem Winde hätten; welches sie sich, da sie zusam und so nahe kamen, um mit einander sprechen zu können, bemerkt zu haben, einander wechselseitig versicherten [12]). erzählt Humboldt, welcher in der Nähe der Caymans-In mehrere Wasserhosen beobachtete, der Wind sey mit ihrer näherung allemal stärker geworden [13]). Eben so bemerkt pier, daß der Wind während einer nahe befindlichen Wasser abwechselnd aus allen Strichen der Windrose wehte, wob mehrentheils in entgegengesetzte Richtungen übersprang [14]).

Es scheint mir im hohen Grade wahrscheinlich, daß die sten Wasserhosen dadurch entstehen, daß Luftströme in den o Regionen der Atmosphäre auf einander treffen und daß be hier die Ursache der wirbelnden Bewegung liege. Sind diese ströme heftig, ihre Temperatur und ihr Dampfgehalt sehr schieden, so wird der Dampf mit Schnelligkeit condensirt. rend aber bei den gewöhnlichen Wirbeln die leichten Körper in Höhe steigen, werden hier die Dampfbläschen von oben nach geführt, wobei die Masse von der Wolke aus gegen die Erd Dicke abnimmt. Hiebei bleibt die Frage noch unentschieden wirklich ein Herabführen von Nebelbläschen Statt finde, ob nicht vielmehr die Condensation auch in der Tiefe fortd dergestalt, daß das Herabsinken nur scheinbar ist. Endlich reicht der Wirbelwind die Oberfläche des Meeres, dieses unruhig, es erhebt sich zu Tropfen gepeitscht und hat gan Ansehen eines rauchenden Ofens. Indem sich von oben die W senkt, von unten das Meer erhebt, vereinigen sich endlich

12) Franklin's Werke II, 32.

13) Humboldt Voyage XI, 131.

14) Gilbert's Annalen LXXIII, 103.

und es findet eine Verbindung zwischen Wolke und Meer Statt. Schon Dampier, welcher viele Wasserhosen beobachtete, bemerkt, daß die Säule unter der Wolke hänge und ihre Dicke geringer werde, je näher sie dem Meere komme. Wenn dann aber die Meeresfläche unruhig wird, so sehe man das Wasser schäumen und sich in einem Raume von 100 Schritten im Umfange lebhaft kräuseln, bis daß die kräuselnde Bewegung zunimmt, da es sich alsdann in einer Säulengestalt von ungefähr 100 Schritten an ihrer Grundfläche erhebt, welche aber ebenfalls im Aufsteigen dünner wird, dergestalt, daß die ganze Wasserhose an beiden Enden am dicksten, in der Mitte aber am dünnsten ist. Während dieses Vorganges wird die Wolke stets dichter und dunkler [15]). Einen ähnlichen Vorgang erzählt Colden in einem Briefe an Franklin. Auf einer Reise nach Westindien sah er eine Wasserhose in der Entfernung von 30 bis 40 Ruthen von dem Schiffe. Sie hatte die Gestalt eines umgekehrten Kegels, dessen Basis in dem dicken schwarzen Gewölk lag, und deren Spitze etwa 8 Fuß von der Oberfläche des Meeres entfernt war. Bei dem ruhigen Wetter ging die Wasserhose langsam bei dem Schiffe vorbei, aus ihr kam ein heftiger Windstrom, welcher ein Loch von etwa 6 Fuß Durchmesser auf der Oberfläche machte und das Wasser wie eine kreisförmige Falte um diese Vertiefung hob. Eben dieser Beobachter sah auf derselben Reise noch mehrere solcher Erscheinungen, keine aber erreichte die Oberfläche des Meeres [16]). Eben dieses Herabsinken der Wasserhose erwähnen Buchanan [17]), Maxwell [18]) und Andere.

Es ist jedoch keinesweges erforderlich, daß dieser Wirbelwind in der Region der Wolken entstehen müsse, es ist hier eine so große Combination von Umständen möglich, daß es voreilig seyn würde, hierüber allgemeine Gesetze aufzustellen; je nachdem die Richtung der Luftströme beschaffen ist, kann der Wirbelwind auch in der Tiefe beginnen, dann wird die Wasserhose in die Höhe steigen, und Horner bemerkt daher mit Recht, sie entständen

15) Dampier's Reise bei Franklin's Werke III, 89.
16) Franklin's Werke II, 81.
17) Gilbert's Annalen LXX, 104.
18) Das. LXXIII, 96.

bald von oben aus den Wolken, bald von unten aus dem Wasser [19]). Zwar glaubt Perkin, es sey aller Wahrscheinlichkeit zuwider, daß es zwei Arten von Wasserhosen geben solle, wovon die eine aufsteigend, die andere herabsteigend sey [20]). Indessen erzählt Dampier eine Thatsache, welche zeigt, daß zuweilen ebenfalls solche Wasserhosen entstehen. Er bemerkte nämlich eine Wasserhose, die schnell gegen das Schiff kam, sie hob das Wasser in Gestalt einer Säule 6 bis 7 Fuß kräuselnd in die Höhe. Da er keine Wolke über ihr sah, so glaubte er, daß sie ihre Kraft bald verlieren würde. In 4 bis 5 Minuten kam sie bis auf die Länge eines Kabeltaues an dem Schiffe vorbei. Dann sah er einen langen blassen Strom, der die Breite eines Regenbogens hatte und über dem Wasserwirbel herabstieg. Das obere Ende desselben schien ungemein hoch zu seyn und kam aus einer dunkeln Wolke herab. Diese Erscheinung kam ihm um so befremdender vor, da er bis dahin dergleichen noch nicht gesehen hatte [21]). Eine ähnliche Thatsache erzählt Buchanan. In der Nähe des Aequators bemerkte er eine Art von Wolke an der Oberfläche des Meeres, über welcher eine dunkle Wolke hing. Später kam ein Stück einer Säule aus der Wolke, welches nach einiger Zeit wieder verschwand; eine halbe Stunde später erschien die Säule aufs Neue, es hatte sich ein cylindrischer Stamm gebildet, welchen der Wind ein wenig nach Norden krümmte, erst nach einiger Zeit vereinigten sich beide [22]). Eben so bemerkte Wolke auf dem finnischen Meerbusen eine große Wasserhose, welche über das Schiff wegging. Viele kleinere und größere Wassermassen tanzten um die Hose her, erhoben sich zugespitzt 12 bis 16 Fuß hoch und sanken, während andere stiegen, wieder herunter. Eine leichte Wolke von Dünsten schwebte über den tanzenden Spitzsäulen und um sie herum. Die aufwärts steigende Bewegung sah auch Napier [23]).

Daß ein großer Theil der Wassermasse aus der Wolke herabkommt, geht besonders aus dem Umstande hervor, daß sie auf

19) Gilbert's Ann. LXXIII, 95.
20) Franklin's Werke II, 59.
21) Das. II, 95.
22) Gilbert's Ann. LX, 107.
23) Das. LXXIII, 100.

chem Wasser besteht. Zieht nämlich eine solche Wasserhose
en einem Schiffe vorbei oder über dasselbe fort, so wird dieses
einer größern oder geringern Menge von Wasser überschüttet,
fast stets ist dieses von frischem süßen Geschmack. Franklin,
lcher in Betreff dieses Umstandes viele Erkundigungen einzog,
ählt, er habe nur einmal von salzigem Regen gehört [24]).

Es ist häufig die Frage aufgeworfen worden, ob die Wasser-
en aus einer zusammenhängenden Wassermasse oder vielmehr
Tropfen und Nebelbläschen bestehen. Daß der bloße Augen-
ein hierüber keinen genügenden Aufschluß gebe, das geht wohl
on aus dem Umstande hervor, daß die Wolken selbst uns in
Ferne als zusammenhängende Massen erscheinen, und sehr
le Physiker haben durch diesen Anblick getäuscht Hypothesen
r einzelne Erscheinungen aufgestellt, welche nur dann wahr seyn
nten, wenn die Wolken feste Körper wären. Horner ist der
inung, ihre Masse bestehe nicht aus dichtem Wasser, sondern
Wasserdunst [25]); wahrscheinlich aber müssen wir zu letzterm
h mechanisch in die Höhe gerissenes Wasser in Gestalt von
opfen rechnen. Daß sie nicht aus einer continuirlich zusam-
hängenden Wassermasse bestehe, geht schon aus dem Umstande
vor, daß sie in diesem Falle vollkommen glänzend und durch-
tig seyn müßten, was kein Beobachter erwähnt; auch müßte
dann das Wasser der Hose beim Platzen nicht in Tropfen, son-
n in einer Art von Guß herabfallen.

Fast alle Beobachter erwähnen, daß die langsam fortschrei-
de Wasserhose sich um ihre Axe in Gestalt eines Kreisels drehe.
bei wird das erhobene Wasser weit fortgeführt, wie man dieses
nders dann bemerken kann, wenn eine solche Wasserhose sich
a auf dem Lande bildet und über einen kleinen Wasserbehälter
geht. So hörte Wolke von einem Landprediger bei Jever, er
e zu Repsolt, drei Meilen von der See, eine Wasserhose nicht
t von sich vorbeiziehen sehen, die einen Weiher fast wasserleer
acht und die Fische aus demselben auf das Land umher zer-
ut habe.

---

4) Franklin's Werke II, 47.
5) Gilbert's Annalen LXXIII, 95.

Wie groß die Kraft des Windes sey, und mit welcher Schnelligkeit sich die Luftmassen bewegen, geht am besten aus den von ihnen hervorgebrachten Wirkungen hervor, weshalb diese Phänomene auch von den Schiffern um so mehr gefürchtet werden, da sie meistens zur Zeit von Windstillen Statt finden. Ein Capitän, Records von London, welcher im Jahre 1674 das Schiff the Blessing von 300 Tonnen und 16 Kanonen mit Ladung nach der Küste von Guinea führte, bemerkte in der Breite von 7 bis 8° N mehrere Wasserhosen, von denen die eine gerade auf sein Schiff kam. Da er keinen Wind hatte, um sich von ihr zu entfernen, so machte er zu ihrem Empfange durch Einziehung der Segel Anstalt. Die Wasserhose kam mit großer Schnelligkeit herbei und platzte zuvor, ehe sie am Schiffe anlangte, sie machte dabei ein großes Geräusch und warf das Wasser rings umher in die Höhe, wie wenn man in das Meer ein Haus oder dergleichen geworfen hätte. Die Wuth des Windes dauerte fort und ergriff das Schiff am Steuerbord mit einer solchen Heftigkeit, daß er auf einmal den Bogsprietmast und den Fockmast zerbrach; überflügelte das ganze Schiff der Länge nach, warf es auf die Seite, und hätte es fast umgeworfen. Allein das Schiff wurde bald wieder aufgerichtet, weil der Wind es in Wirbeln mit der nämlichen Wuth und auf der gegenüber stehenden Seite ergriff und es auf die andere Seite warf [26]). Einen andern Fall dieser Art erzählt Dr. Mercer in einem Briefe an Franklin. In dem Hafen St. Jean auf Antigua sah derselbe zwei oder drei Wasserhosen; auf der Oberfläche des Meeres zeigte sich ein Kreis von etwa 20 Ruthen im Durchmesser, in welchem das Wasser heftig bewegt und schnell in die Luft getrieben wurde. Als sie auf das Land kam, nahm sie Latten, Stangen, große Stücken Zimmerholz, ein kleines hölzernes Häuschen u. s. w. mit sich fort, sie hob letzteres aus seinem Fundamente heraus, führte es 40 Fuß von seiner Stelle fort und stellte es hier wieder auf, ohne es zu zerbrechen oder umzuwerfen. Dabei war es merkwürdig, daß das Haus von Osten nach Westen getragen wurde, obgleich die Wasserhose ihren Zug von Westen nach Osten nahm. Zwei oder drei Neger und eine weiße Frau wurden durch den Fall eines in die

26) Dampier bei Franklin Werke II, 91.

he gehobenen und herabfallenden Balkens getödtet [27]). Zu
)lone in Irland sah man am 18ten Julius 1822, Nachmit-
s um 4 Uhr, eine schwarze Wolke, aus der ein Schweif bis
Erde herabging. Er bewegte sich mit der Wolke langsam fort,
brach mehrere große Baumstämme und schleuderte sie über
0 Fuß weit fort, hob Heuschober in die Luft, von denen keine
ur mehr zu sehen war, und nahm das Dach von einem Hause
einen Hut vom Kopfe eines Menschen, und ließ es 1½ Meilen
on in tausend Trümmern wieder auf die Erde fallen. Dieser
hweif wechselte oft in Gestalt und Farbe; bald glich er einer
ren Säule, bald wand er sich wie ein Aal, bald war er
varz und dunkel, bald hellblau und wie von einem lichten
el umflort [28]).

Am 25sten October 1820 hatte man auf einer Bleiche zu
sdorf in Schlesien so eben einige hundert Schock weiße Lein-
id, die auf derselben ausgespannt waren, begossen, und die
te saßen eben bei Tische, als nach zwölf Uhr ein Sturmwind
einbrach, der so dicke Staubwolken aufwirbelte, daß sich das
jeslicht in dicke Finsterniß verwandelte. Er drückte die Fenster
Bleichhauses, auf welche er stieß, ein, warf die Flügelthüren
er fürchterlichem Krachen ein, hob alle andern Thüren in dem
bäude aus ihren Angeln, so daß der Wind überall queer durch
selbe hinrauschte, und warf einen großen Leiterwagen, der vor
Thür stand, so um, daß die Räder zu oberst gekehrt waren.
Leinwand wurde emporgehoben und in mehrere Knäuel aufge-
kelt und das größte derselben in gerader Richtung mehr als
Fuß hoch über das bedeutend hohe Bleichhaus fortgeführt und
0 Schritte weit in Gräben und Strauchwerk geschleudert. Man
te mehrere Stunden lang zu thun, um die ganze in einander
lzte Masse wieder zu entwirren; sie bestand aus 27 Schock,
von jedes naß 23 Pfund wog, und in der Mitte des Knäuls
kte ein 7 Fuß langer, 2½ Zoll dicker und 11 Zoll breiter
)sten, der zum Steg über einen nicht weit entfernten Graben
ient hatte. Der Wirbelwind hatte ihn zugleich mit der Lein-
nd in die Luft geführt, diese um ihn wie um eine Rolle aufge-

---

7) Franklin's Werke II, 52.
3) Gilbert's Annalen LXXIII, 109.

wickelt und das, ohne den Pfosten, 4 Centner 93 Pfund schwere Knaul über das Haus weggeführt. Alles dieses war in Zeit von zwei Minuten geschehen [28]).

Es ließe sich noch eine Menge ähnlicher Erzählungen anführen, ich halte es jedoch nicht nöthig, mich dabei aufzuhalten, da das Gesagte hinreichend die ungeheure Wirkung des Windes zeigt.

Es ist oben gesagt, daß sich die Wasserhosen in den meisten Fällen in der Region der Wolken zuerst zeigen und dann aus dieser herabsinken, wahrscheinlich deshalb, weil die kalten herabsinkenden Luftströme sich hier zuerst durch eine Condensation des Dampfes kund geben. Ob dieses allgemein der Fall sey und ob das obere Stück nur deshalb nicht immer zuerst erscheine, weil die Luft nicht hinreichend feucht ist, um sogleich beim Anfange der Bewegung condensirt zu werden, läßt sich nicht mit Bestimmtheit ausmachen. Es giebt jedoch eine Klasse von Erscheinungen dieser Art, welche man zuerst an dem Boden wahrnimmt. Es sind dieses die Sandhosen oder Erdtromben, welche Reisende häufig in den Wüsten von Asien und Africa beobachtet haben. Diese erscheinen ebenfalls an windstillen Tagen, wo die Sonne mit großer Kraft den Boden erhitzt; aufsteigende heiße Luftströme erzeugen dann ein labiles Gleichgewicht der Atmosphäre, kalte stürzen später in die Tiefe und geben Gelegenheit zur Entstehung dieser Wirbelwinde. Daher sind die Erdtromben in jenen Gegenden besonders an solchen Tagen häufig, wo der Samum weht. Diese Erscheinungen zeigen sich auf dieselbe Art, als die Wasserhosen, wie dieses aus der folgenden Beschreibung der von Bruce in der nubischen Wüste gesehenen hervorgeht: „In der weiten wüsten Ebene von Westen nach Nordwesten sahen wir in gewissen Entfernungen eine Anzahl erstaunlich hoher Säulen von Sand, die sich bald sehr hurtig bewegten, bald mit majestätischer Langsamkeit fortrückten. Zuweilen dachten wir, sie würden uns in wenig Minuten überschütten: und es flogen auch dann und wann kleine Quantitäten Sand zu uns; bald zogen sie sich wieder zurück und kamen uns fast ganz aus dem Gesicht" [29]) Lyon, Ritchie, Browne, Denham und Andere theilen uns mehrere Thatsachen dieser Art

---

28) Gilbert's Annalen l. l.

29) Bruce Reisen IV, 556.

nit. Wenn aber auch in allen Fällen dieser Art die Bewegung vom Boden anzufangen scheint, so ist dieses kein Beweis, daß ie vom Boden anfangen müsse; denn wo keine Dämpfe condensirt werden, fehlt es so lange an dem Mittel, diese Bewegung zu erkennen, bis der in die Höhe gehobene Sand diese anzeigt.

Eine Thatsache, auf welche die meisten kundigen Beobachter hingewiesen haben, ist die starke Electricität, welche sich zur Zeit von Wasserhosen zeigt, nicht selten werden sie von Blitzen durchzuckt, und meistens zeigen sie sich bei Gewittern oder einem gewitterartigen Zustande der Luft. Daher suchte man die Entstehung dieser Phänomene aus der Electricität abzuleiten, wie dieses namentlich Beccaria versuchte, indem er eine Anziehung zwischen dem Meere und der Wolke annahm [30]). Das Wasser nämlich hebt sich in einem Gefäße in die Höhe, wenn man die Kugel eines electrisirten Leiters darüber hält, und Cavallo schlägt einen Versuch vor, die Wasserhose im Kleinen nachzubilden [31]). Bringt man einen großen Wassertropfen an den Knopf einer isolirten geladenen Flasche und nähert ihm den Knopf einer andern entgegengesetzt geladenen Flasche, so wird er auf eine seltsame Art hinweggesprützt. Hängt ein Wassertropfen an dem Knopfe eines electrisirten Leiters, so dehnt er sich kegelförmig aus, wenn man einen mit der Erde verbundenen ebenen Leiter dagegen bringt. Giebt also eine einzelne stark electrisirte Wolke dem Wasser oder dem Erdboden durch Vertheilung die entgegengesetzte Electricität, so wird zwischen beiden eine entgegengesetzte Anziehung Statt finden, welche die Wolke kegelförmig herabzieht, das Wasser aber oder andere leichte Körper emporhebt, bis sich beide ihre Electricitäten entweder durch unmittelbare Berührung oder durch einen Blitz mittheilen, wodurch die Erscheinung augenblicklich aufhört und der obere Theil der Säule in die Wolke zurückgezogen wird, während der untere auf einmal herabfällt. Gehler [32]) macht die Bemerkung, daß man sich hier noch nicht erklären könne, woher die wirbelnde Bewegung komme; noch weniger aber sind wir

30) Beccaria Elettricismo bei Gehler.

31) Cavallo Electricitätslehre S. 200.

32) Gehler's Wörterbuch Alte Ausg. IV, 661.

im Stande, hieraus die Entstehung der Erdtromben in den Wüsten zu erklären, wo keine Wolken vorhanden sind. Ich glaube vielmehr, daß auch hier die Electricität nicht Ursache, sondern Wirkung der Wasserhose ist, indem sie durch die schnelle Condensation von Dämpfen mit Mächtigkeit hervortritt. Jener künstliche Versuch von Cavallo beweist aber außerdem sehr wenig. Würde der Tropfen nicht durch Adhäsion an dem Knopfe der Flasche festgehalten, so würde er sich ganz gegen die Platte bewegen; da aber diese Adhäsion an einer großen Fläche Statt findet, so wird er nothwendig eine kegelförmige Gestalt annehmen. Bei einiger Vorsicht und Uebung kann man diese kegelförmige Gestalt eines Wassertropfens auch erzeugen, wenn man ihn auf der untern Seite einer Kugel befestigt; indem er der Schwere folgt, so wird er eine ähnliche Gestalt erhalten; wollen wir aber blos wegen dieser Aehnlichkeit der Gestalten annehmen, daß der Kegel der Wasserhose dadurch entstehe, daß die Dämpfe an dieser Stelle viel schwerer geworden sind?

Die kreisende Bewegung, welche sich nach einer Erfahrung von Dryfhout zuerst in der Wolke zeigt [33]) und welche Gehler nach der electrischen Hypothese für nicht möglich hielt, hat in neuern Zeiten dazu gedient, ein neues Argument für die Erzeugung der Wasserhosen durch Electricität aufzustellen. Wir wissen aus spätern Erfahrungen, daß die Electricität sich um schlechte Leiter häufig in spiralförmigen Wendungen bewegt, auch scheinen die electromagnetischen Erscheinungen darauf zu deuten, daß der electrische Strom den Schließungsdraht in Spiralen umkreise, wenigstens wird dieses in mehrern Hypothesen vorausgesetzt, ohne daß es erwiesen ist. Durch diese drehende Bewegung wurde Horner veranlaßt, die Wasserhosen aus der Electricität abzuleiten. „Als ich vor einiger Zeit veranlaßt wurde, über Wasserhosen und Windtromben die ältern und neuern Beobachtungen nachzulesen, fiel mir die bei Allen ohne Ausnahme vorkommende Wirbelbewegung des aufgethürmten Wasserdunstes oder Erdstaubes außerordentlich auf. Das Ganze ist unzweifelhaft ein Actus einer sehr intensiv, alle kleinern Störungen, die von der Schwere, oder Ableitung, oder sonst woher kommen, überwäl-

33) Gehler's Wörterbuch IV, 662.

nden, frei sich bewegenden Electricität. Sollte, dachte ich, es Phänomen, bei welchem wegen irgend einer uns unbekann Ursache die electrische Ladung sich nicht in Funken entledigt, nicht gerade den Typus darstellen, nach welchem dieses Flui n in den Leitern desselben sich fortbewegt. Das schneckenhafte steigen des Wasserdunstes aus dem Meere in die Wolke ist ch die Beobachtungen von Dampier, von Cook und For r, von Michaud und von Andern als Thatsache verbürgt; eine ähnliche Bewegung bei Landtromben spricht eine Be chtung von Wilcke" [34]).

Die ausführliche Abhandlung des scharfsinnigen Verfassers r diesen Gegenstand ist nicht erschienen, oder mir wenigstens ekannt. Wenn sich aber das Wasser in der Wasserhose spiral mig bewegt, wenn die Electricität bei ihrer Fortschreitung eine liche Bahn befolgt, dürfen wir dann hieraus folgern, daß h die Wasserhose electrischer Natur sey? Ich glaube Nein ant rten zu müssen. Mögen wir die Ursache der electrischen Er einungen als eine Materie ansehen oder sie nur als Kraft be chten, so viel ist gewiß, daß sie Bewegungen hervorbringt, und vorbringen kann, welche denen völlig ähnlich sind, die durch hwere oder irgend eine andere Naturkraft erzeugt werden. Es rde hier aber voreilig seyn, sogleich alles aus der Electricität uleiten. Ich will ein völlig analoges Beispiel erwähnen. Die önen Versuche von Herschel und Erman über die Drehung Quecksilbers und der schlechten Leiter im Kreise der Volta'schen iule, sind jedenfalls Wirkungen des elecrischen Stromes, mögen hier nun blos electrische Anziehungen oder electromagnetische rbel annehmen; indem sich die Lösung je nach ihrer verschiede Beschaffenheit von dem Schließungsdrahte des einen Poles ge linig nach dem zweiten bewegt, muß nothwendig das vertrie e Fluidum den Gesetzen der Schwere zufolge ersetzt werden, es vom Rande nach der Stelle, von welcher das Wasser vertrie ist, und so entsteht auf jeder Seite des mittlern Stromes ein irbel. Sollen wir aber annehmen, daß in allen Fällen, wo wegungen dieser Art vorkommen, die Electricität Ursache der en sey? Und doch sind Bewegungen dieser Art sehr häufig.

34) Gilbert's Annalen LXXIII, 9.

Man darf nur Wasser ansehen, das aus einem Mühlengerinne oder einem engen Kanale hervorkommend in ein erweitertes Flußbett tritt, stets zeigen sich hier Bewegungen, welche den eben erwähnten ähnlich sind, Niemand aber wird hiebei an eine Wirkung der Electricität denken. Will man diese Erscheinungen noch näher sehen, so nehme man ein rundes Gefäß von mehrern Zollen Durchmesser, gieße dieses voll Wasser und halte in geringer Höhe über dem Wasser in die Nähe des Randes eine wenig gegen den Horizont geneigte weite Thermometerröhre so, daß die Verticalebene, in welcher sich die Röhre befindet, nahe mit einem Durchmesser des Gefäßes zusammenfällt. Bläst man durch diese Röhre gegen die Oberfläche des Wassers, so zeigen sich hier Wirbel, deren Richtung leicht durch aufgestreuten Kohlenstaub zu erkennen ist, und welche die größte Aehnlichkeit mit den erwähnten electrischen haben, ohne daß hiebei an eine Einwirkung der Electricität zu denken ist. Ohne bei einer nähern Erklärung dieser Erscheinung zu verweilen, möge es genügen, nur darauf aufmerksam gemacht zu haben, daß es keineswegs nöthig ist, daß ähnliche Erscheinungen durch einerlei Kräfte erzeugt werden.

Andere Hypothesen, so z. B., daß an der Stelle der Wasserhose plötzlich ein leerer Raum entstehe, in welcher das Wasser wie in einen Pumpenstiefel gehoben werde, verdienen keine nähere Erwähnung. Noch Andere haben angenommen, daß unterirdische Dünste plötzlich an der Stelle der Wasserhose in die Höhe stiegen. Es ist die letztere Meinung besonders bei derjenigen Klasse von Naturforschern beliebt, welche wenig von den Gesetzen der physicalischen Erscheinungen verstehen, die Ursachen der atmosphärischen Phänomene ins Innere der Erde verlegen, letzteres als ein lebendes organisches Wesen der Erde ansehen und der Erde mancherlei thierische Triebe zuschreiben. Auch diese Ansicht halte ich keiner Beachtung werth da es zum Theil nur erforderlich wäre, Behauptungen zu widerlegen, aus denen die Ignoranz vieler Urheber dieser Hypothesen hervorginge.

Es scheint mir nach Allem, was ich über die Wasserhosen gesagt habe, sehr wahrscheinlich, daß sie auf mechanischem Wege entweder durch Zusammentreffen entgegengesetzter Luftströme oder durch das Herabsinken kalter Luftmassen erzeugt werden, und Niemand, welcher die Gesetze der Mechanik nur einigermaßen

nmt, wird bezweifeln, daß Wirbel auf diese Art entstehen kön-
n. Verlangt man aber, ich solle den ganzen Vorgang bei die-
n Erscheinungen im Detail verfolgen, ich sollte speciell nachwei-
n, woher diese Winde die ungeheure Stärke hätten, so bin ich
eses zu leisten nicht im Stande. Ich glaube jedoch, daß die
nmöglichkeit, dieser Forderung zu genügen, kein Vorwurf für
eine Hypothese seyn könne. Wenn ein Baumeister eine Stadt
it einer gewissen Menge von Wasser versorgen soll, so ist hier,
o wir es nur mit einer geradlinigen Bewegung zu thun haben,
ne Kenntniß von der Weite und Biegung der Röhren, von der
ruckhöhe des Wassers im Bassin und vielen andern Umständen
forderlich, um nur einigermaßen der Forderung zu genügen; der
aumeister würde demjenigen, der verlangte, er solle eine den
edürfnissen entsprechende Anlage auch ohne Bekanntschaft mit
iesen Umständen anlegen, die richtige Antwort geben, daß er
ichts von der Sache verstehe. Will man hier, wo die ganze
rscheinuung durch die Combination der fortschreitenden und dre-
enden Bewegung viel verwickelter wird, verlangen, daß alle ein-
lnen Umstände genau erklärt, daß Richtung und Schnelligkeit des
Stromes nachgewiesen werden sollen, ohne daß wir auch nur
gend eine Angabe über Druck und Temperatur der Luft am Bo-
en und in verschiedenen Höhen, über Richtung der Luftströme in
er Tiefe und in den höhern Schichten, über Dampfgehalt der
tmosphäre, alles vor, während und nach der Erscheinung besitzen?
Der bei gänzlicher Unbekanntschaft mit allen diesen Punkten eine
ollständige Lösung des Problems verlangt, giebt dadurch einen
ollkommenen Beweis von seiner eigenen Unbekanntschaft mit Allem,
as Theorie und Erfahrung über die Bewegung flüssiger Körper
lehrt haben.

Wir haben jetzt eine Klasse von Erscheinungen betrachtet, welche
ı den furchtbarsten und großartigsten Vorgängen in der Atmo-
äre gehören: wir haben gesehen, wie durch schnelle Condensa-
on der Dämpfe eine so starke Electricität entwickelt würde, daß
hr bedeutende Explosionen Statt finden konnten. So verwickelt
uch die Verhältnisse waren, unter denen die Electricität bei diesen
rscheinungen auftrat, so schnell sich ihre Art und Stärke auch
nderten, so sahen wir doch stets die Gegenwart dieses Fluidums

als Wirkung, nie als Ursache der gleichzeitig beobachteten Erscheinungen an. In dieser Hinsicht weichen unsere Ansichten sehr bedeutend von denen anderer Naturforscher ab, indem diese häufig die Electricität als das primum agens bei allen Vorgängen in der Atmosphäre ansehen.

Werfen wir einen Blick auf die Geschichte der Meteorologie, so finden wir, daß es fast stets die großartigen und auffallenden Phänomene waren, welche vorzugsweise die Aufmerksamkeit der Physiker auf sich zogen. Während sich Jeder bemühte, die Ursachen ungewöhnlich kalter oder warmer, ungewöhnlich trockner oder nasser Jahreszeiten aufzusuchen, wurde der allgemeine Lauf der Witterung wenig beachtet, es waren die alltäglichen Erscheinungen, bei denen uns die Natur ihre regelmäßigen Gesetze offenbart, zu gewöhnlich, als daß sie eine Beachtung verdient hätten. Wir finden bei diesem Theile der Physik genau denselben Gang, welchen uns die Geschichte dieser ganzen Wissenschaft zeigt. Während ältere Physiker sich in Hypothesen über Wärme, Licht, die Bahnen der Himmelskörper und ähnliche Vorgänge erschöpften, dachte Niemand daran, zu untersuchen, weshalb ein sich selbst überlassener Stein an die Erde falle, und geschah dieses auch, so fing man damit an, eine Menge von Speculationen zu geben, ohne die Gesetze dieses Falles selbst aufzusuchen. Wenn aber die erwähnten anomalen Fälle untersucht werden, und wenn man sich vorzugsweise auf diese beschränkt, so ist die Aussicht auf einen günstigen Erfolg sehr klein. Wir haben in dem Obigen mehrmals gesehen, wie alle großen und anomalen Bewegungen der Atmosphäre sich über einen großen Theil der Atmosphäre erstrecken, wie bedeutende Störungen im Gleichgewichte der Atmosphäre auf längere Zeit ungewöhnliche Witterung zur Folge haben. Hielt uns nun auch wirklich der Mangel an Beobachtungen in allen Gegenden der Erde nicht ab, Untersuchungen über Erscheinungen dieser Art anzustellen, so ist doch der Vorgang bei Fällen dieser Art so verwickelt, daß es sehr schwierig ist, daraus allgemeine Resultate herzuleiten. Gesetzt, es wären die Gesetze des freien Falles der Körper, die der Bewegung durch einen momentanen Stoß fortgetriebenen Körper, die des Widerstandes der Luft, und die der Zusammensetzung der Kräfte unbekannt, und es wollte Jemand aus sehr sorgfältig gemessenen Bahnen abgeschossener Ku-

eln die Gesetze der Bewegung ableiten, so würde er wahrschein-
ch zu mehr oder weniger irrigen Resultaten gelangen. Da der
Meteorolog nicht einmal, wie in dem erwähnten Falle, Versuche
nstellen kann, so ist für ihn die Gefahr, die Wahrheit zu ver-
hlen, noch weit größer. Nur dann, wenn man aus Tausenden
on Beobachtungen das Mittel nimmt, wenn man also dadurch
en Einfluß anomaler oder wenigstens scheinbar anomaler That-
chen vermindert, ist die Wahrscheinlichkeit der erhaltenen Resul-
te sehr groß.

Indem wir in dem vorhergehenden Untersuchungen diesen
Weg verfolgten, erkannten wir eine Zahl einfacher Gesetze, welche
h in allen Gegenden der Erde auf dieselbe, nur durch Local-
nstände abgeänderte, Art wiederholten; wir haben dabei aber
gleich auf die Nothwendigkeit hingewiesen, dieselben Untersuchun-
n in andern Gegenden der Erde zu wiederholen, was uns aus
Mangel an Beobachtungen nicht möglich war, und was wir daher
njenigen Physikern überlassen müssen, denen bessere literarische
ülfsmittel zu Gebote stehen, als es bei uns der Fall war. Alle
ese Untersuchungen aber führten uns auf dieselbe Ursache der
rscheinungen, nämlich auf die Wärme zurück; die Sonne als
ärmender Körper ist die Urquelle aller bisher betrachteten
Modificationen im Zustande der Atmosphäre: nur dadurch, daß
as Gleichgewicht der Wärme gestört wird, möge dieses vorher
n stabiles oder ein labiles gewesen seyn, werden die meisten
brigen Erscheinungen erzeugt.

Schon frühzeitig hatten sich die Physiker von der Wichtigkeit
nd der großen Wirksamkeit der Sonne überzeugt, häufig aber
urde dieselbe nicht als wärmender, sondern als anziehen-
er Körper betrachtet, und dem Monde nebst den Planeten ein
heil dieser Veränderungen zugeschrieben. Jedoch nicht immer
aren die Constellationen so beschaffen, daß man heftige Stürme,
ewitter und ähnliche Erscheinungen daraus ableiten konnte, man
schöpfte sich in Hypothesen und legte die Ursache dieser Phäno-
ene ins Innere der Erde, oder nahm ätherische im Himmels-
aume verbreitete Stoffe an. Da trat Benjamin Franklin
uf, und mit ihm beginnt ein neuer Abschnitt in der Geschichte der
Meteorologie. Alles was bis dahin dunkel gewesen war, alles was
h keinem andern Systeme anschmiegen wollte, war Folge der

Electricität. War es ungewöhnlich warm, so trug die Electricität die Schuld dieser Schwüle; war es sehr kalt, so rührte die Kälte von der Electricität her; war es sehr dürr, so hielt die Electricität die Dünste in der Luft zurück; starker Regen war Folge der Electricität: und so wurden alle ungewöhnlichen Erscheinungen, alle Krankheiten und Miasmen aus der Electricität abgeleitet. Die meisten Schriften seit der Mitte des vorigen Jahrhunderts führen die Meteore auf die Electricität zurück. Es würde uns jedoch hier, wo wir keine Geschichte der Meteorologie schreiben wollen, zu weit führen, sollten wir die einzelnen Hypothesen näher entwickeln.

Durch die Arbeiten Volta's erhielt diese Ansicht eine neue Stütze. Indem er von sorgfältig beobachteten Erscheinungen ausging, entwickelte er in mehrern Aufsätzen eine Reihe von Gesetzen, welche wir im Vorhergehenden mitgetheilt haben, aber er beschränkte sich dabei auf die eigentlich electrischen Phänomene. Ihm folgten mehrere Naturforscher, sie blieben aber nicht bei den einfachen, von ihm aufgestellten Thatsachen stehen, sondern gingen in ihren Folgerungen viel weiter. Hatten schon die Versuche von Marum, Priestley und andern Physikern gezeigt, daß die Electricität sehr bedeutende chemische Aenderungen zu erzeugen im Stande sey, so wurden die Thatsachen noch durch die Entdeckung der electrischen Säule und durch die vielfach wiederholte Zersetzung der Körper im Kreise derselben vermehrt. So wie die Electrochemie eine größere Zahl von Anhängern fand, wurden auch die Ansichten über die electrische Theorie der Meteore erweitert. Man sah die Erde wohl als eine geschlossene electrische Säule an, Zersetzungen in derselben sollten die Ursache der verschiedenen Arten der Witterung seyn. Was Saussure und Dalton gesagt hatten, wurde nicht beachtet, de Luc's hypothetische Ansichten hatten einen zu großen Beifall.

Nachdem de Luc die großen Schwierigkeiten bei Erklärung des Regens erkannt hatte, indem sein sehr unvollkommenes Hygrometer häufig große Trockenheit an solchen Stellen anzeigte, wo kurze Zeit nachher Wolken erschienen, stellte er seine electrisch-chemische Theorie der Meteore auf, welche er ausführlich in seinen Ideen über die Meteorologie vorträgt [1]), und von welcher Par-

1) Idées sur la Meteor. II, 267. §. 719 fg.

arrot eine gedrängte Uebersicht giebt [2]). De Luc hatte an- inglich die Idee gehabt, daß in der Atmosphäre viel Wasserstoff- as sey, welches in Verbindung mit dem Oxygen Knallgas bilde, ntzündet würde und dann als Wasser herabfiele; er gab diese orstellung auf, weil er sah, daß Feuer auf hohen Bergen keine xplosionen bewirkte und daß die Wolken sich zeigten, noch ehe n Blitz das Knallgas entzündet hätte. Sodann nahm er den ersuchen von Lavoisier über die Zersetzung der atmosphärischen uft zuwider an, daß die atmosphärische Luft ein expansibles ho- ogenes Fluidum sey, von welchem jedes Theilchen schon die estandtheile, welche wir daraus trennen, und wahrscheinlich noch ele andere enthielte [3]). Diese atmosphärische Luft selbst enthält hon alles, was zur Bildung von Wasserdunst nöthig ist, sie ent- ält nämlich Feuer und Wasser. Erstern Umstand anlangend, so ird er dadurch bestätigt, daß Lavoisier und andere Physiker ie Wärme als Ursache der Existenz von Gasen ansehen; daß aber uch Wasser vorhanden sey, wird dadurch bewiesen, daß dieses ei Verbrennung von Hydrogen mit atmosphärischer Luft ent- eht [4]). Indem er sich auf die Versuche von Cavendish über ntstehung von Salpetersäure bei der Verbrennung atmosphäri- her Luft durch den electrischen Funken stützt, nimmt er ferner n, daß dieses Gas die beiden Bestandtheile des Wassers ent- ält, daß aber jedes von diesen mit einem andern Körper verbun- en sey, welcher der Salpetersäure eigenthümlich ist und wodurch ch letztere von den übrigen Körpern derselben Art unterscheidet [5]). s ist daher nur nöthig, dieser Luft die Salpetersäure zu neh- en, um sie in Wasserdampf mit Ueberschuß von Wärme zu ver- andeln.

In den Jahren 1780 und 1781 stellte de Luc eine Reihe on Versuchen über die gleichzeitigen Aenderungen des Thermo- eters und Hygrometers in freier Luft an, und hiebei zeigte ch ihm sehr bald eine große Menge von anomalen Erscheinungen. Stand nämlich das Hygrometer während der Nacht sehr nahe am

2) Parrot Physik der Erde S. 458.
3) Idées sur la Meteor. II, 277. §. 726.
4) Daselbst II, 282. §. 731.
5) Daselbst II, 295. §. 740.

Punkte der Sättigung, so entfernte es sich von diesem nach dem Aufgange der Sonne mit der Zunahme der Temperatur, aber gleichen Aenderungen der Wärme entsprachen am Morgen weit größere Aenderungen des Hygrometers als am Tage, dasselbe geschah gegen den Untergang der Sonne. Aber statt den Gang seines Hygrometers näher zu prüfen und den Dampfgehalt der Luft bei verschiedenem Stande desselben zu bestimmen, folgerte de Luc daraus ein anderes Resultat [6]). Er verband nämlich diese Thatsache mit der großen von ihm beobachteten Trockenheit auf den Gebirgen. Da nämlich die Dämpfe in die Höhe steigen, aber von uns in den höchsten Schichten der Atmosphäre nicht angetroffen werden, so müssen sie ihre Form geändert haben. Gegenwart und Entfernung des Lichtes aber können dieser Umbildung nicht gleich günstig seyn, wir müssen daher annehmen, daß die Sonnenstrahlen diese Umbildung der Wasserdämpfe in atmosphärische Luft entweder bewirken oder doch wenigstens vorbereiten [7]). In dieser Umbildung der Dämpfe in Luft liegt auch die Ursache der niedrigen Temperatur in den obern Regionen der Atmosphäre. In der Tiefe bleibt nämlich ein großer Theil der Dämpfe als Dämpfe vorhanden, oben aber verschwindet bei der Umbildung ein großer Theil der Wärme, und daher ist die Temperatur dort so klein [8]). Daß aber das Licht wirklich im Stande sey, Wasser in Luft zu verwandeln, folgert de Luc aus dem folgenden Versuche von Priestley. Dieser nahm zwei Recipienten, welche anfänglich mit demselben Wasser angefüllt wurden, und stellte beide auf das Fenster, ließ aber den einen von den Sonnenstrahlen bescheinen, während der andere im Schatten stand. In dem obern Theile des erstern sammelte sich viel Luft, und als der Recipient geschüttelt wurde, stieg eine Menge von Bläschen in die Höhe, während sich nichts der Art in dem beschatteten zeigte, obgleich die Temperatur beider gleich [9]) war. „Wenn also hier

6) de Luc hat nicht angegeben, welches von seinen Hygrometern er hierbei benutzte. War es das mit Fischbeinstreifen, so müssen wir erwägen, daß eine Aenderung von 100° bis gegen 60° nur etwa einer Aenderung von 2 Prozenten im Dampfgehalte der Luft entspricht.

7) Idées sur la met. II. §. 303. §. 746.

8) Daselbst II, 384. §. 806.

9) Daselbst II, 385. §. 807.

eine wirkliche Erzeugung von Luft Statt findet, wie dieses kaum zu bezweifeln ist, so müssen die Strahlen der Sonne in diesem Wasser zuerst Feuer bilden." [10]).

Da die Electricität unter Umständen leuchtend erscheint, so müssen wir nothwendig annehmen, daß das Licht ein wesentlicher Bestandtheil des electrischen Fluidums sey. Es muß aber dieses letztere noch einen zweiten Bestandtheil enthalten, dessen nähere Bestimmung für die Meteorologie von größter Wichtigkeit ist. Verfolgen wir nun die Erscheinungen genauer, so zeigen die Erfahrungen von Saussure über die positive Electricität der Atmosphäre bei heiterm Wetter, daß das electrische Fluidum in der Atmosphäre selbst entsteht, und daß es dort häufig gebildet wird [11]). Da nun die von Saussure beobachtete tägliche Periodicität der Luftelectricität mit dem Gange des Thermometers und Hygrometers in so inniger Beziehung steht, letztere aber von dem Gange der Sonne abhängen, so ist es sehr natürlich anzunehmen, daß die Strahlen dieses Himmelskörpers auch an der Verstärkung der Luftelectricität Theil haben, und daß sie auf eine ähnliche Art electrisches Fluidum als Wärme und Luft erzeugen [12]).

Indem de Luc von diesen Sätzen ausgeht, sucht er die Erscheinungen des Regens und der Wolken durch Einwirkung des Lichtes und der Electricität auf die Wasserdämpfe zu erklären. Ich übergehe hier diese Untersuchungen so wie seine spätere Hypothese, da die Basis dieses ganzen Systemes, nämlich die Erzeugung von Luft aus den Wasserdämpfen, nicht begründet ist. Dieses System von de Luc kann übrigens eine kleine Warnung für diejenigen seyn, welche Beobachtungen mit Instrumenten anstellen, deren Sprache sie nicht kennen, und welche dann aus diesen Messungen neue Hypothesen herleiten. Hätte de Luc sein Hygrometer sorgfältig geprüft, so würde er die große Anomalie seines Ganges am Morgen und Abend daraus abgeleitet haben, daß das Instrument selbst Ursache dieser Anomalie wäre. So aber schlug er nicht den Weg ein, welchen eine genaue Naturforschung fordert,

---

10) Idées sur la met. II, 386. §. 807.

11) Daselbst II, 410. §. 824.

12) Daselbst II, 413. §. 827.

und welchen Saussure bei seinen Untersuchungen über Hygrometrie mit so vieler Umsicht verfolgte.

Dieses System von de Luc finden wir mehr oder weniger abgeändert in den meisten spätern Schriften. Zu denjenigen Naturforschern, welche dasselbe am ausführlichsten und gründlichsten erweitert haben, gehört Parrot [13]). Die Hauptschwierigkeit bei dem Systeme de Luc's liegt in der Bestimmung des Fluidums, welches neben dem Lichte die Bestandtheile der Electricität ausmacht, und welches einen großen Antheil an der Verwandlung des Wasserdampfes in Luft oder umgekehrt hat. Da sich hierüber nichts bestimmen läßt, so legt Parrot seinem Systeme folgenden Satz zum Grunde: Das Sauerstoffgas der atmosphärischen Luft vermag das Wasser aufzulösen und in den Gaszustand zu versetzen und so zu binden, daß es nicht nach Verhältniß seiner vorhandenen Menge aufs Hygrometer wirkt. Außerdem nimmt Parrot noch folgende Sätze für sein System der wässerigen Meteore an:

1) Saussure hat durch Versuche bewiesen, daß man Wasser in einem heißen isolirten Gefäße, welches das Wasser zu zersetzen nicht vermag, verdunstet, das Gefäß negativ electrisch wird, woraus folgt, daß die Dünste die positive Electricität binden.

2) Electrische Entladungen bewirken nach van Marum's Versuchen eine Vereinigung des reinen Sauerstoffgases mit dem Wasser, ohne die Natur des übrig bleibenden Gases zu ändern.

3) Die in einer Säule atmosphärischer Luft vorhandene Wassermenge ist bei weitem kleiner als diejenige, welche oft während eines starken Regens aus derselben herabfällt.

4) Die in der atmospärischen Luft enthaltene Wassermenge kann gleichfalls nicht von den größern Veränderungen des Barometers Rechenschaft geben. Es müssen also sowohl bei den plötzlichen, als auch bei den allmähligen Variationen des Barometers, andere Operationen vorgehen, als die Auflösung und der Niederschlag des Wassers.

---

13) Parrot Physik der Erde S. 443. §. 307.

5) Die Vegetation liefert bei Tage Sauerstoffgas, bei Nacht Kohlensäure. Der Ocean haucht bei Tage Sauerstoffgas aus, und verschluckt es bei Nacht wieder; wenigstens ist es eine an Sauerstoffgas reichere Luft, welche das Wasser abwechselnd ausgiebt und einnimmt.

6) Es giebt zweierlei wesentlich von einander verschiedene Ausdünstungen und Niederschläge des Wassers aus der Luft, die eine mittelst des Wärmestoffs, die andere mittelst des Sauerstoffs: dasjenige Wasser, welches durch Temperaturerhöhung verdunstet, nennen wir physischen Dunst; seinen Niederschlag, der durch Temperaturerniedrigung entsteht, nennen wir physischen Niederschlag. Aber dasjenige Wasser, welches das Sauerstoffgas aufgelöst und in Gasgestalt dargestellt hat, nennen wir chemischen Dunst, und dessen Niederschlag nennen wir chemischen Niederschlag. Das Wasser als physischer Dunst ist nur im latenten, aber als chemischer Dunst im gebundenen Zustande in Rücksicht auf das Hygrometer, ganz analog mit den Zuständen des Wärmestoffes in Rücksicht auf das Thermometer.

7) So wie eine höhere Temperatur alle Auflösungen befördert und intensiver macht, so ist die chemische Ausdünstung größer unter größerer Temperatur, und unter geringerer Temperatur kleiner. Aber die uns bekannte niedrigste Temperatur vermag nicht, alles Wasser aus seiner Verbindung mit dem Sauerstoffe niederzuschlagen; vielmehr vermag auch die kälteste Luft noch Wasser aufzunehmen und das Eis zur Ausdünstung zu zwingen.

8) Aus diesem Grunde harmonirt der Gang der Hygrometer mit der Ab- und Zunahme der absoluten, in der Luft befindlichen Wassermenge nicht, wie Saussure's und de Luc's Versuche beweisen. Die hygrometrischen Substanzen wirken nur durch Flächenanziehung auf das Wasser, und entziehen es dem Wärmestoffe nur, wenn die Sättigung für den vorhandenen Temperaturgrad eingetreten ist; denn im reinen Wasserdampfe von 80° R. zeigt das Hygrometer den höchsten Grad der Trockenheit an.

und welchen Saussure bei seinen Untersuchungen über Hygrometrie mit so vieler Umsicht verfolgte.

Dieses System von de Luc finden wir mehr oder weniger abgeändert in den meisten spätern Schriften. Zu denjenigen Naturforschern, welche dasselbe am ausführlichsten und gründlichsten erweitert haben, gehört Parrot [13]). Die Hauptschwierigkeit bei dem Systeme de Luc's liegt in der Bestimmung des Fluidums, welches neben dem Lichte die Bestandtheile der Electricität ausmacht, und welches einen großen Antheil an der Verwandlung des Wasserdampfes in Luft oder umgekehrt hat. Da sich hierüber nichts bestimmen läßt, so legt Parrot seinem Systeme folgenden Satz zum Grunde: Das Sauerstoffgas der atmosphärischen Luft vermag das Wasser aufzulösen und in den Gaszustand zu versetzen und so zu binden, daß es nicht nach Verhältniß seiner vorhandenen Menge aufs Hygrometer wirkt. Außerdem nimmt Parrot noch folgende Sätze für sein System der wässerigen Meteore an:

1) Saussure hat durch Versuche bewiesen, daß man Wasser in einem heißen isolirten Gefäße, welches das Wasser zu zersetzen nicht vermag, verdunstet, das Gefäß negativ electrisch wird, woraus folgt, daß die Dünste die positive Electricität binden.

2) Electrische Entladungen bewirken nach van Marum's Versuchen eine Vereinigung des reinen Sauerstoffgases mit dem Wasser, ohne die Natur des übrig bleibenden Gases zu ändern.

3) Die in einer Säule atmosphärischer Luft vorhandene Wassermenge ist bei weitem kleiner als diejenige, welche oft während eines starken Regens aus derselben herabfällt.

4) Die in der atmospärischen Luft enthaltene Wassermenge kann gleichfalls nicht von den größern Veränderungen des Barometers Rechenschaft geben. Es müssen also sowohl bei den plötzlichen, als auch bei den allmähligen Variationen des Barometers, andere Operationen vorgehen, als die Auflösung und der Niederschlag des Wassers.

13) Parrot Physik der Erde S. 443. §. 307.

5) Die Vegetation liefert bei Tage Sauerstoffgas, bei Nacht Kohlensäure. Der Ocean haucht bei Tage Sauerstoffgas aus, und verschluckt es bei Nacht wieder; wenigstens ist es eine an Sauerstoffgas reichere Luft, welche das Wasser abwechselnd ausgiebt und einnimmt.

6) Es giebt zweierlei wesentlich von einander verschiedene Ausdünstungen und Niederschläge des Wassers aus der Luft, die eine mittelst des Wärmestoffs, die andere mittelst des Sauerstoffs: dasjenige Wasser, welches durch Temperaturerhöhung verdunstet, nennen wir physischen Dunst; seinen Niederschlag, der durch Temperaturerniedrigung entsteht, nennen wir physischen Niederschlag. Aber dasjenige Wasser, welches das Sauerstoffgas aufgelöst und in Gasgestalt dargestellt hat, nennen wir chemischen Dunst, und dessen Niederschlag nennen wir chemischen Niederschlag. Das Wasser als physischer Dunst ist nur im latenten, aber als chemischer Dunst im gebundenen Zustande in Rücksicht auf das Hygrometer, ganz analog mit den Zuständen des Wärmestoffes in Rücksicht auf das Thermometer.

7) So wie eine höhere Temperatur alle Auflösungen befördert und intensiver macht, so ist die chemische Ausdünstung größer unter größerer Temperatur, und unter geringerer Temperatur kleiner. Aber die uns bekannte niedrigste Temperatur vermag nicht, alles Wasser aus seiner Verbindung mit dem Sauerstoffe niederzuschlagen; vielmehr vermag auch die kälteste Luft noch Wasser aufzunehmen und das Eis zur Ausdünstung zu zwingen.

8) Aus diesem Grunde harmonirt der Gang der Hygrometer mit der Ab- und Zunahme der absoluten, in der Luft befindlichen Wassermenge nicht, wie Saussure's und de Luc's Versuche beweisen. Die hygrometrischen Substanzen wirken nur durch Flächenanziehung auf das Wasser, und entziehen es dem Wärmestoffe nur, wenn die Sättigung für den vorhandenen Temperaturgrad eingetreten ist; denn im reinen Wasserdampfe von 80° R. zeigt das Hygrometer den höchsten Grad der Trockenheit an.

9) Der Luftdruck hat Einfluß auf die Ausdünstung und den Niederschlag des Wassers. Es ist eine allgemeine Bemerkung, daß wenn man die Luft unter einer Glocke verdünnt, die Hygrometer zur Trockenheit schreiten. Aber dieses Phänomen muß analysirt werden, wenn es uns nicht irre führen soll. Einerseits wird durch die Verdünnung die Temperatur vermindert, und so sollte die Luft sowohl in Rücksicht auf den chemischen als auch auf den physischen Dunst an seiner Capacität verlieren, und folglich das Wasser fallen lassen. Andererseits wird der Druck, unter welchem der Dunst vorher stand, vermindert, und die Capacität für den physischen Dunst nimmt zu. Da das Hygrometer nun eine größere Trockenheit zeigt, so sollte man daraus schließen, daß der letztere Umstand über den ersten die Oberhand behält. Allein man muß nicht vergessen, daß dieses Phänomen nur in einem kleinen Raume Statt hat, dessen Oberfläche verhältnißmäßig sehr groß ist und dem Wärmestoffe den Zutritt zu der in dieser Hinsicht kleinern Luftmasse sehr erleichtert. Ist aber die Verminderung der Elasticität in dem Raume einer ganzen Wolke geschehen, so kann der Wärmestoff nicht mehr durch die verhältnißmäßig kleine Oberfläche diesen Raum so schnell von außen durchdringen; und da außerdem hier nicht, wie unter der Glocke, eine der Verdünnung verhältnißmäßige Menge von Dunst entzogen wird, so muß das Gegentheil entstehen, und wir haben in jeder Verdünnung der Atmosphäre in der Wolkenregion einen Niederschlag zu erwarten; daher auf das Fallen des Barometers in der Regel trübes Wetter und Regen folgen.

Von diesen Sätzen ausgehend sucht Parrot die Hydrometeore zu erklären. So wird die Entstehung einer Wolke oder eines Nebels durch die Menge des vorhandenen Sauerstoffgases im Verhältniß zu der Menge des aufzulösenden Wassers und des Auflösungsvermögens bedingt. Wenn die Temperatur letzteres geschwächt hat, so wird die Wolke entstehen, wenn nicht neues Sauerstoffgas in diese Region gelangt; sie wird aber ausbleiben oder verschwinden, wenn sie sich zu bilden angefangen hat, wenn neues Sauerstoffgas hinzukommt. Sauerstoffgas wird aber durch

die Wirkung des grünen Sonnenlichtes auf die Pflanzentheile entbunden und steigt mit einem Antheile aufgelösten Wassers in die Höhe, so lange die Sonnenstrahlen auf die Pflanzen und im Verhältniß ihrer Intensität wirken. Dieser Ueberschuß an Sauerstoffgas, um schönes Wetter zu erhalten, oder dessen Mangel, um Wolkenbildung zuzulassen, kann sehr klein seyn, so daß die Voltaschen Eudiometer, deren Genauigkeit nicht über 0,01 reicht, von diesem Unterschiede nicht Rechenschaft geben können. Denn wenn ein Anfang von Niederschlag Statt gefunden hat, so entsteht Dilatation des Luftvolumens, folglich Erkältung, welche die Disposition zum ferneren Niederschlage in größerem Maaße vermindert, als die Dilatation sie erhöht.

Es würde mich hier zu lange aufhalten, sollte ich dieses ganze System weiter entwickeln. Die Electricität spielt hier keine so bedeutende Rolle, als in der Hypothese von de Luc, aber die Annahme über die Absorption des Wasserdampfes von Oxygen, welche die Basis dieser Theorie ausmacht, scheint mir wenig begründet. Eben dieses gilt von dem unter No. 9 angeführten Satze über den Einfluß des Luftdruckes auf die Angaben des Hygrometers. Bis jetzt ist dieser noch durchaus unerwiesen. Ich weiß sehr wohl, man beruft sich auf eine Untersuchung von Saussure, um zu beweisen, daß der Luftdruck einen großen Einfluß auf den Gang des Hygrometers habe, aber diese Versuche zeigen gerade das Gegentheil, Saussure selbst folgerte aus seinen Versuchen das obige Resultat nur deshalb, weil er die Angaben seines Hygrometers nicht mit hinreichender Sorgfalt untersucht hatte. Gesetzt nämlich, ein Recipient sey mit feuchter Luft angefüllt und die Luft werde verdünnt; würde nun $\frac{1}{n}$ der vorhandenen Luft entfernt, so müßte auch $\frac{1}{n}$ des Dampfes zugleich entweichen; eben dieses müßte bei jedem folgenden nten Theile der ursprünglichen Luftmasse geschehen. Wäre nun unter dem Recipienten ein Hygrometer, so müßten sich dessen Angaben bei jedem Auspumpen eines gleichen Theiles von Dampf um gleiche Größen ändern; bei Anstellung des Versuches aber fand Saussure das Gegentheil, das Hygrometer rückte desto schneller gegen den Punkt der größten Trockenheit, je dünner die Luft schon war. In einem seiner Versuche stand das Hygrometer auf 97°,4,

pumpte er $\frac{1}{8}$ der Luft aus, so rückte es um 4,75 Grad zum Punkte der Trockenheit. Als die Luft zur Hälfte ausgepumpt war, so stand das Hygrometer nahe auf 76°, und als er jetzt wieder $\frac{1}{8}$ der ursprünglichen Luftmasse entfernte, bewegte sich das Hygrometer um 7°,37 zum Punkte der Trockenheit, ja bei der Entfernung des letzten Achtels betrug diese Größe mehr als 17° [14]).

Ich will hier das Mittel des dritten und vierten Versuchs von Saussure an der angeführten Stelle mittheilen.

Ursprüngliche Dampfmenge	Hygrometer	Aenderung
1 ———————	97°,4	
$\frac{1}{8}$ entfernt, also $\frac{7}{8}$ Rest	93,2	4°,2
$\frac{2}{8}$ ——————— $\frac{6}{8}$ —	88,5	4,7
$\frac{3}{8}$ ——————— $\frac{5}{8}$ —	82,6	5,9
$\frac{4}{8}$ ——————— $\frac{4}{8}$ —	76,0	6,6
$\frac{5}{8}$ ——————— $\frac{3}{8}$ —	68,2	7,8
$\frac{6}{8}$ ——————— $\frac{2}{8}$ —	58,5	9,7
$\frac{7}{8}$ ——————— $\frac{1}{8}$ —	47,0	11,5
$\frac{8}{8}$ (?) ——————— 0 (?)	29,4	17,6

Hier sehen wir allerdings, daß gleichen Aenderungen in der Dichtigkeit der Luft und des Dampfes nicht gleiche Aenderungen im Stande des Hygrometers entsprechen, dieses ist aber nach Bd. I. S. 327 eben so wenig in dichter als in dünner Luft der Fall. Um jedoch aus dieser Untersuchung ein gültiges Resultat herzuleiten, müssen wir noch den Umstand beachten, daß eine geringe Menge von Feuchtigkeit, die etwa an den Wänden niedergeschlagen war und in der Folge verdunstete, große Störungen veranlassen kann. Je dünner die Luft wird, desto größer wird offenbar dieser Einfluß. Wir wollen daher den obigen Versuch nur so weit betrachten, bis die Luft zur Hälfte verdünnt ist. Nehmen wir nun das Mittel aus den Versuchen von Gay-Lussac und Prinsep, so finden wir folgende Prozente des Dampfgehaltes in den einzelnen Versuchen:

---

14) Saussure Hygrometrie S. 165. §. 145.

Versuch 1:	Hygrometer	97°,4,	Dampfgehalt	92,0
2	—	93,2	—	85,4
3	—	88,5	—	75,8
4	—	82,6	—	64,7
5	—	76,0	—	53,7

Hier sollte der Dampfgehalt bei jedem folgenden Versuche um dieselbe Größe kleiner werden; um jedoch die etwa vorhandenen Anomalieen zu entfernen, wollen wir den ursprünglichen Dampfgehalt aus allen Versuchen herleiten, indem wir annehmen, das jedesmal $\frac{1}{8}$ entfernt werde. Dann erhalten wir die folgenden fünf Bedingungsgleichungen

1 : 92,0 = 1,000 a
2 : 85,4 = 0,875 a
3 : 75,8 = 0,750 a
4 : 64,7 = 0,625 a
5 : 53,7 = 0,500 a

und hieraus ergiebt sich = a 99,1. Leiten wir aus diesem Werthe die Hygrometerstände her, so finden wir

Versuch 1:	Beobachtet 97°,4,	Berechnet 99°,5,	Unterschied + 2°,5
2	. . . 93,2	. . . 93,8,	. . . + 0,6
3	. . . 88,5	. . . 87,8,	. . . — 0,7
4	. . . 82,6	. . . 80,9,	. . . — 1,7
5	. . . 76,0	. . . 73,1,	. . . — 2,9

So groß die Differenzen bei den beiden äußersten Versuchen auch sind, so reicht doch schon eine sehr geringe in der Folge verdunstete Wassermenge hin, um dieselben zu erzeugen. Daß jedoch das Haarhygrometer bei größerer Verdünnung der Luft eine stärkere Feuchtigkeit angiebt, als die Theorie erfordert, beruht auf der Trägheit des Instrumentes, auf welche der Erfinder selbst schon aufmerksam machte. Wenn zwei Haarhygrometer längere Zeit etwa auf dem 40sten Grade gestanden haben und man eins in eine trockene Luft bringt, wodurch es etwa nahe auf 30° kommt, das andere aber in eine minder trockene Luft bringt, in welcher es etwa auf 50° steht, so kommen beide in dem ersten Raume nicht wieder auf 40°, sondern es bleibt das auf der feuchtern Luft bei 42° oder 43°, das aus der trocknern bei 37° oder 38° stehen [15]).

15) Saussure Hygrometrie S. 80, §. 68.

Dürfen wir in unserm Versuche nicht etwas Aehnliches annehmen? Es scheint ein solches Zurückbleiben des Hygrometers um so wahrscheinlicher, da sich das Haar in verschlossenen Gefäßen weit langsamer bewegt, als in freier Luft [16]).

Forster glaubt, daß sich alle Modificationen der Wolken nach Howard's Systeme auf verschiedene electrische Zustände der Atmosphäre zurückführen lassen. Er glaubt, man müsse den Cirrus allezeit als einen Leiter der electrischen Flüssigkeit ansehen. „Schon sein Gewebe scheint seine besondern Wirkungen anzudeuten. Die langen parallelen und erhabenen Striche gleichen wahrscheinlich die Electricität großer sehr von einander entfernter Luftmassen aus. Die abgesonderten lockigen Cirri vereinigen ihre eigene Electricität mit der Electricität der sie umgebenden Luft, indessen schräges herabhängendes feines Gewebe der Leiter von einer obern zu einer niedern Schicht zu seyn scheint. Auch befindet sich der Cirrus zuweilen zwischen zwei andern etwas von einander entfernten Wolken als Zwischenleiter. Mit dieser Vermuthung lassen sich alle Erscheinungen, die ich wahrgenommen habe, seitdem ich meine Aufmerksamkeit auf die Wolkenlehre richtete, vereinigen; und wahrscheinlich hört ein Cirrus, wenn er nicht mehr leitet, auf, ein Cirrus zu seyn, und verdunstet entweder oder geht in andere Abänderungen über" [17]). „Wenn der Cirrus aufhört zu leiten, so wird er wahrscheinlich entweder positiv oder negativ electrisch, und seine Verwandlung in den Cirrocumulus scheint anzuzeigen, daß er sehr positiv electrisch geworden sey [18]). Auf eine völlig ähnliche Art leitet Forster die Uebergänge der übrigen Wolken in einander aus der Electricität ab, indessen sind alles dieses Behauptungen, die sich leichter aussprechen als beweisen lassen.

Unsere Unbekanntschaft mit dem Wesen der Electricität, die Verwandtschaft dieses Fluidums mit den übrigen Imponderabilien, namentlich dem Lichte und der Wärme, gab zu mancherlei Hypothesen, welche seit de Luc aufgestellt sind, Veranlassung. Wenige von diesen sind mit einer solchen Bestimmtheit aufgestellt

---

16) Saussure Hygrometrie S. 75. §. 65.

17) Forster Wolken S. 7.

18) Daselbst S. 15.

nd auf so sichern Erfahrungen basirt ausgegeben worden, als e von van Mons [19]). Er sieht das electrische Fluidum als ne besondere Modification des Wärmestoffes an und glaubt, daß ese beiden Fluiden nebst dem Lichte unter verschiedenen Umstän- en abwechselnd in einander verwandelt würden. Der Wärme- off, welcher zu uns als Licht kommt, ist die schwere Materie der Sonne, welche ihre Elasticität nach einer der Schwere entgegen- esetzten Richtung treibt, aber kaum hat die Wirkung dieser Ela- icität aufgehört, so wird diese Materie aufs Neue von der Gra- itation zu der Sonne zurückgeführt. Dasjenige Licht, welches er Erde gelangt, wird entweder reflectirt, oder zerstreut, oder Wärme verwandelt; aber ein Theil wird von der Luft zurück- ehalten. Das in Wärme verwandelte Licht steigt mit dem Was- r nach den obern Regionen der Atmosphäre und bildet dort *apeur physique par la chaleur.* Aber diese Wärme wird durch en Einfluß vom Lichte der Gestirne und namentlich des Mondes electrisches Fluidum umgebildet, sie bildet nun mit dem Wasser icht mehr physischen Dampf, sondern geht mit der Luft in eine hysisch-chemische Umbildung, welche weder Kälte noch Druck uflösen können, es entsteht das *composé electrico-aquoso-érien.* Aber die Sonne zertheilt auch wieder die Electricität in cht, das nach der Sonne zurückkehrt, und in Wärme. Letz- re wird aufs Neue electrisirt, und so dauern die Umbildungen stets rt. Wenn durch Einwirkung äußerer Umstände sehr viel Wärme Electricität verwandelt wird, so entsteht kaltes Wetter bei hei- erm Himmel. Wird dagegen die Electricität in Wärme verwan- elt, so wird die Luft warm und oft fällt Regen. Ueberhaupt nd die verschiedenen Wärmegrade der Atmosphäre nur Wirkun- en von der Umbildung dieser drei Fluida. Man bemerkt sehr äufig, daß mit größerer Spannung der Luft (lorsque l'air se nd) und hohem Barometerstande ein Sinken des Thermometers erbunden ist, während der Luftdruck bei hoher Temperatur klein t. Dieses kommt daher, daß die Wärme im ersten Falle in lectricität, im zweiten die Electricität in Wärme umgebildet irb. Die Luft verdankt überhaupt ihre Elasticität nur der

---

19) van Mons Principes d'électricité. 8. Bruxelles, an XI. p. 52 fg.

Electricität durch die Ankunft des Wassers, und die Veränder im Luftdrucke hängt von der Art ab, wie letzteres mit der Elei cität verbunden ist.

Das Wasser ist zu jeder Zeit auf vier verschiedene Arten der Luft verbunden, die erste Verbindung ist das *composé aé* im engern Sinne; es ist dieses eine innige, durch physisch=che sche Verwandtschaft bewirkte, Verbindung der Gase, der Elei cität und des Wassers, in welcher dieses Fluidum ganz die R der permanent elastischen Gase spielt. Aus dieser Verbind kann das Wasser weder durch Schwefelsäure, noch durch gegli kaustische Alkalien entfernt werden. (Schade, daß der Verf vergessen hat anzugeben, durch welche Versuche er sich von Existenz dieses Wassers überzeugt habe.) Der zweite Zustand die directe, ohne Hülfe der Wärme bewirkte, Auflösung des W sers im *Composé electrico-aquoso-aérien*, ähnlich der l lösung eines Salzes im Wasser. Der dritte Zustand ist der *d dissoute à la faveur d'un accroissement de température.* Di Wasser ist Ursache, daß es nicht sogleich regnet, wenn das B meter sinkt, indem die aus der Electricität entstandene Wä dasselbe noch einige Zeit zurückhält. Der vierte Zustand ist *d'eau hygrométriquement unie, adhérente*, indem die Luft trefflichste hygrometrische Substanz ist und die Luft eben so jeder andere Körper durch Wasser ausgedehnt wird. Noch sch es einen fünften Zustand des Wassers, *par aspiration sidér* zu geben, auf den besonders der Mond großen Einfluß „Diese Vereinigung des Wasserdampfes mit der Luft ist nicht innig und hört fast stets mit dem anziehenden Einflusse (influ aspirante) auf, durch welche sie erzeugt wird, unmittelbar n dem Durchgange des Planeten durch den Meridian des Or fände dabei nicht zugleich Kälte Statt, so könnte man glau daß sie blos mechanisch wäre. Der Mond giebt uns ein Bei dieser Auflösung, wenn die Luft zur Zeit seines Aufganges bew ist. Man sieht wie die Wolken sich in dem Maaße auflösen wie er höher steigt. Es scheint fast, als ob er dieselben vor fortstöß'. Aber kaum hat der Mond die Hälfte seines La vollendet, so zeigen sich diese Wolken aufs Neue und nun sche sie ihm zu folgen."

Wenn Jemand, welcher sich nicht wissenschaftlich mit der
rforschung der Natur beschäftigt, aus beobachteten Thatsachen
esetze herleitet, ohne alle Umstände zu berücksichtigen, so wird
eder die mitgetheilten Thatsachen wenigstens mit Dank anneh-
en, und die Fehler mit dem Streben, nützlich zu werden, ent-
huldigen. Wenn dagegen ein Naturforscher von Profession aus
n Beobachtungen Folgerungen herleitet, so werden an ihn
rengere Forderungen gemacht. Die eben mitgetheilte Stelle,
uf welche der Verfasser ein großes Gewicht legt, zerfällt in zwei
heile, einen Erfahrungssatz und einer Folgerung. Durch den
influß des Mondes und der Planeten soll Kälte entstehen. Wer
at dieses beobachtet? Oder ist dieses etwa die Erfahrung, welche
ärtner gemacht haben, daß es in heitern mondhellen Nächten
ilter ist, als in trüben? Dieses rührt jedoch nicht vom Monde
er, sondern davon, daß der Boden dann leichter Wärme aus-
rahlt. Eben so und nicht besser steht es mit der zweiten Erfah-
ung. Die Wolken sollen sich auflösen, wenn der Mond culmi-
rt, dagegen nach der Culmination aufs Neue entstehen. Wirft
an auf den Himmel einen vagen Blick und verfolgt sein Ansehen
ährend einer mondhellen Nacht, so scheint die Behauptung
chtig. Sprechen wir aber genauer, so müssen wir wohl sagen,
höher der Mond steigt, desto häufiger scheint er durch Wolken-
icken; es liegt der ganzen Folgerung die falsche Vorstellung zum
runde, als ob wir uns im Mittelpunkte der Kugel befänden,
elche die Wolkenmasse um die Erde bildet. Eine einfache Be-
achtung, welche mir fast zu trivial schien, als daß ich sie im
rsten Bande bei Gelegenheit der Wolken hätte anführen sollen
nd von welcher ich daher annahm, daß sie sich von selbst ver-
ände, giebt über den Trugschluß von van Mons einen hin-
ichenden Aufschluß. Es sey (Fig. 8) AB die Oberfläche der
rde, DE ein Durchschnitt des Kugelsegmentes, in welchem sich
e Wolken befinden und hier seyen kugelförmigen Wolken derge-
alt vertheilt, daß der Durchmesser einer Wolkenlücke gleich dem
urchmesser der Wolke ist. Befindet sich ein Beobachter in O
nd zieht derselbe gegen den heitern Himmel die Gesichtslinien
F, OG, OH u. s. w., so ist einleuchtend, daß der Himmel ihm
der Nähe des Horizontes weit bewölkter erscheint, als im Ze-
th, der aufgehende Mond wird daher nicht so hell oder so an-

haltend scheinen, als der culminirende. Schon Prévost hat di[e] Beobachtung angestellt, und in der Folge hat sie L. v. Buch [be]nutzt, um zu zeigen, daß ein am Horizonte umzogener Him[mel] an denjenigen Stellen, wo diese Wolken im Zenith stehen, [nicht] sehr bewölkt zu seyn brauche [20]); Wolken, welche am Horizo[nt] als dicht gedrängte Cumulostrati erscheinen, sind vielleicht eben[so] leichte Cumuli, als diejenigen, welche sich über uns befinden.

---

20) Abh. d. Berl. Acad. 1814. S. 90.

Nachtrag zum fünften Abschnitte.

Als ich den Abschnitt über den Gang der Temperatur und die Gestalt der Isothermen bearbeitete, machte ich darauf aufmerksam, daß Brewster's mir damals kaum mehr als dem Namen nach bekannte Hypothese über die Existenz zweier Kältepole in der nördlichen Halbkugel einen hohen Grad von Wahrscheinlichkeit habe; die wenigen mir bekannten Messungen aus dem Innern von Nord-America und Sibirien schienen darauf zu deuten, daß die Isothermen in höheren Breiten Linien mit zwei concaven und zwei convexen Scheiteln seyen, daß bei noch größerer Annäherung an den Pol aber die Isothermen in sich selbst zurücklaufende Curven wären. Ich habe die hierauf bezüglichen Thatsachen oben auf S. 104. mitgetheilt. Jedoch habe ich selbst diese ganze Untersuchung für Asien und den größten Theil America's nur als eine beiläufige Annäherung an die Wahrheit angesehen. Ohne etwas von dieser meiner Arbeit zu wissen, schrieb mir Herr Dr. Adolph Erman, dessen sorgfältigen Untersuchungen wir noch manche wichtige Aufschlüsse über das nördliche Asien verdanken werden, daß die von ihm während seine Reise gesammelten Thatsachen sehr für die Hypothese Brewster's sprächen. Während eines Aufenthaltes zu Berlin um Weihnachten 1831 theilte er mir mehrere sehr interessante Bemerkungen über die klimatischen Verhältnisse jener Gegenden mit. Auf mein Ersuchen, mir die wichtigsten Thatsachen für die Lehre von der Vertheilung der Wärme mitzutheilen, zog er mit der größten Bereitwilligkeit alle von ihm und Andern gefundenen Größen aus seinem Tagebuche und überschickte sie mir kurz nach meiner Abreise nach Halle mit folgendem Briefe:

„Specielleres Eingehen in die meteorologischen Verhältnisse der von Europa entfernten Landstriche, ist jetzt für um so ersprießlicher und wünschenswerther zu halten, da wir in neueren Zeiten durch mehrere Arbeiten die für jedes einzelne meteorologische Phänomen von örtlichen Besonderheiten freie, allgemeine Norm kennen gelernt haben, und somit einen sichern Anknüpfungspunkt für die Vergleichung besonderer, bisher weniger beachteter Gegenden besitzen. Ich lasse es mir daher angelegen seyn, sowohl mit Hülfe meteorologischer Beobachtungsjournale für mehrere nord-asiatische Orte, als auch durch Würdigung einzelner Wahrnehmungen uud Beobachtungen, die auf meiner Reise gemacht werden konnten, Beiträge zu monographischen Schilderungen örtlicher Klimate Nord-Asiens auszuarbeiten. Gegenwärtig hebe ich aus meinem Reisetagebuche nur diejenigen Zahlen hervor, welche für das geographische Vertheilungsgesetz der mittlern Wärme von Nutzen seyn könnten. Ich habe mich dabei bemüht, zu diesen Zahlen die Nebenumstände, unter welchen sie erhalten wurden, und die Mittel, welche zu ihrer Erlangung dienten, so vollständig anzugeben, als es Behufs einer richtigen Anwendung auf bestimmte Zwecke nöthig zu seyn scheint."

„Ich bemerke nur noch, daß in den Fällen, wo eine Bodentemperatur als durch Bergbohrversuche erhalten angegeben wird, dieses so zu verstehen ist, daß ein Loch von 2 bis $2\frac{1}{4}$ Zoll Weite bis zur jedesmal angegebenen Tiefe senkrecht in das Erdreich gebohrt und in dieses das Thermometer, mit schlecht leitenden Substanzen umwickelt und durch eine eiserne Hülle vor Stößen gesichert, hinabgelassen wurde. Der Apparat blieb in der Tiefe des Loches so lange, als nach vorläufigen Versuchen zur vollständigen Temperaturannahme nöthig gefunden wurde; die Zeit des Aufziehens und Ablesens aber konnte genugsam verkürzt werden, um gegen jede Standesänderung völlig gesichert zu seyn. Der in einem solchen Loche während der Dauer des Versuches etwa entstandene Luftwechsel vermag nicht die constante Temperatur der angebohrten Schichten zu modificiren (wegen verschwindender Masse einer zwei Zoll breiten Luftsäule gegen die unbegränzte Erdschicht, deren senkrecht abgeschnittene Wände sie berührt). Sehr zu bemerken ist dabei der Umstand, ob der thermometrische Apparat in einer trockenen oder in einer nassen Erdschicht sich befand.

nd. Im letztern Falle nämlich ist das Resultat des Versuches ür identisch zu halten mit der Temperatur einer in der angegeben Tiefe rinnenden Quelle: also influenzirt durch die relative Menge der monatlich am Beobachtungsort in die Erde dringenen Niederschläge: im ersteren Falle hingegen ist das Verhältniß in einfacheres, und so weit unsere bisherigen theoretisch-meteorogischen Ansichten reichen, müßte alsdann die durch den Bergohrer erhaltene Temperatur gleich seyn der mittlern jährlichen ufttemperatur, nebst der geothermischen Accrescenz, welche der iefe des aufgeschlossenen Loches entspricht, wobei ich unter geothermischer Accrescenz die Wirkung derjenigen nunmehr völlig nläugbaren Wärmequelle verstehe, welche den tiefern Erdhichten unabhängig von der Einwirkung der Sonne einen gewissen Temperaturzuwachs ertheilt."

„Ich habe daher im Folgenden als drei von einander zu nterscheidende und nur erst durch besondere Betrachtungen auf inander zu reducirende Reihen von Resultaten: 1) die mittlere emperatur der Luft, 2) die Temperatur nasser Erdschichten, und) die Temperatur trockener Erdschichten von einander getrennt argelegt."

„Einige der Beobachtungen der Quellen- und Bodenwärme n Sibirien, welche ich Ihnen im Folgenden mittheile, habe ich n Gegenwart von Herrn Professor Kupffer angestellt, welcher ie ihm auf diesem Wege bekannt gewordenen Zahlen, ohne Rücksicht auf die Besonderheit der sie bedingenden Umstände, zur Aufindung einer **eigenthümlichen** Gesetzmäßigkeit der Boentemperaturen (im Gegensatze zu den Lufttemperaturen) benutzte [1]). Wenn wirklich der hier angedeutete Theil meiner Beob-

1) Poggendorff's Annalen XIV, 159. „So wenig ich mit den am angeführten Orte angegebenen Resultaten mich übereinstimmend bekenne, zeigt doch eine Vergleichung der daselbst bekannt gemachten beobachteten Zahlenangaben mit den beiliegend von mir beigebrachten, welche derselben ich als von mir und mit meinem Instrumente beobachtet anerkenne und (um den Verdacht eines von mir begangenen Plagiats zu vermeiden) hiemit nachträglich zu Herrn Kupffer's Aufsatz als solche anzeige und vindizire. Ich setzte am nördlichen Ural eine bereits seit Kurland begonnene fortlaufende Reihe von Quellenbeobachtungen fort, ohne dazu angeregt zu seyn durch Herrn Kupffer, welcher vielmehr damals mit dem Nutzen dieser Art von Beobachtungen nicht

achtungen zu den Resultaten berechtigt, welche am angeführten Orte daraus gezogen werden, so würden sie im offenbaren Widerspruche stehen mit den ferneren thermologischen Angaben, welche ich für östlicher gelegene Orte Nord-Asiens erhalten habe und Ihnen beiliegend von Nr. 30 an mittheile. Ich glaube indessen und halte mich für überzeugt, daß die von Herrn Kupffer angegebene besondere Norm geothermischer Verhältnisse (im Gegensatze zu den aerothermischen) deshalb unstatthaft ist, weil zu ihrer Begründung eine willkührliche Vermengung von Temperaturen trockner und nasser Erdschichten (Quellen) angewendet wurde und daß, nach richtiger Würdigung der eine jede meiner Beobachtungen bedingenden äußerordentlichen Nebenumstände, sie sämmtlich einer einzigen durchgreifenden Gesetzmäßigkeit: der der mittleren jährlichen Luftwärme, sich fügen werden. — Freilich dürfte uns für viele der Orte, für welche ich Ihnen hier die Quellentemperatur mittheile, die genugsame Kenntniß der monatlichen Regenmengen noch abgehen, um eine Reduction der beobachteten Temperatur nasser Schichten auf die gesuchte Temperatur trockner Schichten durch Rechnung vornehmen zu können: es bleibt aber nicht minder wesentlich, die von der Natur getrennten Phänomene nicht durch willkührliche Vermengung zu verwirren."

„Was die an gewisse der mitgetheilten Beobachtungen anzubringende Correction für die geothermische Accrescenz betrifft, so bemerke ich, daß ich nach Zusammenstellung der sichersten unter den Beobachtungen am Ural dieselbe zu 1° Réaum. für 116 Pariser Fuß bestimmt habe. Im letzten Sommer (Junius 25. 1831) fanden aber mein Vater und ich durch thermometrische Versuche in einem 700 Fuß tiefen Bohrloche zu Rüdersdorf bei Berlin die geothermische Accrescenz zu 1° R. für 90 Pariser Fuß, und eine bei dieser Gelegenheit gemachte Zusammenstellung sämmtlicher früheren Beobachtungen über diesen Punkt (welche zum großen Theile weit unsicherer sind,

einverstanden zu seyn und sie deshalb am südlichen Ural nicht angestellt zu haben, äußerte. Meine im Folgenden angegebenen Beobachtungen Nr. 19, 26 u. 28 theilt Herr Kupffer mit demselben Rechte wie die übrigen als die seinigen mit, vergessend, daß er an dem Punkte, wo sie angestellt wurden, nicht gewesen ist."

als die im Bohrloche zu Rüdersdorf) ergiebt als Mittelwerth 1° R. für 94,4 Pariser Fuß."

„Schließlich bemerke ich noch, daß da, wo in der folgenden Tafel keine Höhe mitgetheilt wird, diese zu unbedeutend war, um auf die Temperatur einen großen Einfluß zu haben."

Ich gebe in der folgenden Tafel die Beobachtungen in derselben Folge, in welcher sie mir mitgetheilt wurden. Die einzige Aenderung, welche ich vorgenommen habe, besteht darin, daß ich die Grade der Reaumurschen Scale in hunderttheilige verwandelt und bei der Lufttemperatur die erforderliche Correction angebracht habe, wenn das arithmetische Mittel sehr von dem wahren Mittel abwich.

Tafel der von Erman auf seiner Reise in den Jahren 1828 bis 1830 angestellten und gesammelten Beobachtungen der Luft- und Erdwärme.

Ort	Breite	Länge östlich von Greenw.	Ungefähre Meereshöhe Fuß	Temperatur Luft	Temperatur Quellen d. nassen Erdschichten	Temperatur Trockne Erdschichten
1. Berlin	52°30′	13°24′	....	....	9°,99	....
daselbst	....	....	....	7°,55	....	....
2. Königsberg	54. 42	20. 30	....	....	8,16	....
daselbst	....	....	....	6,28	....	....
3. Baikhof	56. 36	23. 24	....	....	6,21	....
4. Mitau	56. 42	23 42	....	6,59	....	....
5. Dorpat	58 24	26. 42	....	5,69	....	....
6. Petersburg	59. 54	30. 18	....	....	6,00	....
daselbst	....	....	....	3,40	....	....
7. Stadt Waldai	57. 54	33. 12	1000	....	5,71	....
8. Jedrowa	57. 42	33. 36	800	....	3,12	....
9. Moscau	58. 48	37. 30	700	5,01	....	....
10. Wladimir	56. 0	40. 0	500	....	6,02	....
11. Ostaschicha	56. 6	45. 0	400	....	6,21	....
12. Kilmes	56. 54	51. 8	300	....	5,00	....
13. Usi	57. 18	52. 54	200	....	4,40	....
14. Kasan	55. 48	49. 24	100	....	6,00	....
15. Perm	58. 0	56. 24	175	....	2,50	....
16. Slatoust	57. 0	57. 0	175	....	5,60	....
17. Nischni Tagilsk	58. 0	60. 0	700	....	3,28	....
18. daselbst	daselbst	das.	daselbst	....	3,73	....
19. daselbst	daselbst	das.	daselbst	....	4,84	....
20. Kuschwa	58. 18	60. 12	....	....	5,27	....
21. Nischni Turinsk	58. 24	60. 12	700	....	5,25	....
22. Kuschwa	58. 18	60. 12	....	....	5,00	....

achtungen zu den Resultaten berechtigt, welche als angeführten Orte daraus gezogen werden, so würden sie im offenbaren Widerspruche stehen mit den ferneren thermologischen Angaben, welche ich für östlicher gelegene Orte Nord-Asiens erhalten habe und Ihnen beiliegend von Nr. 30 an mittheile. Ich glaube indessen und halte mich für überzeugt, daß die von Herrn Kupffer angegebene besondere Norm geothermischer Verhältnisse (im Gegensatze zu den aerothermischen) deshalb unstatthaft ist, weil zu ihrer Begründung eine willkührliche Vermengung von Temperaturen trockner und nasser Erdschichten (Quellen) angewendet wurde und daß, nach richtiger Würdigung der einige meiner Beobachtungen bedingenden außerordentlichen Nebenumstände, sie sämmtlich einer einzigen durchgreifenden Gesetzmäßigkeit: der der mittleren jährlichen Luftwärme, sich fügen werden. — Freilich dürfte uns für viele der Orte, für welche ich Ihnen hier die Quellentemperatur mittheile, die genugsame Kenntniß der monatlichen Regenmengen noch abgehen, um eine Reduction der beobachteten Temperatur nasser Schichten auf die gesuchte Temperatur trockner Schichten durch Rechnung vornehmen zu können: es bleibt aber nicht minder wesentlich, die von der Natur getrennten Phänomene nicht durch willkührliche Vermengung zu verwirren."

„Was die an gewisse der mitgetheilten Beobachtungen anzubringende Correction für die geothermische Accrescenz betrifft, so bemerke ich, daß ich nach Zusammenstellung der sichersten unter den Beobachtungen am Ural dieselbe zu 1° Réaum. für 116 Pariser Fuß bestimmt habe. Im letzten Sommer (Junius 25. 1831) fanden aber mein Vater und ich durch thermometrische Versuche in einem 700 Fuß tiefen Bohrloche zu Rüdersdorf bei Berlin die geothermische Accrescenz zu 1° R. für 90 Pariser Fuß, und eine bei dieser Gelegenheit gemachte Zusammenstellung sämmtlicher früheren Beobachtungen über diesen Punkt (welche zum großen Theile weit unsicherer sind,

---

einverstanden zu seyn und sie deshalb am südlichen Ural nicht angestellt zu haben, äußerte. Meine im Folgenden angegebenen Beobachtungen Nr. 19, 26 u. 28 theilt Herr Kupffer mit demselben Rechte wie die übrigen als die seinigen mit, vergessend, daß er an dem Punkte, wo sie angestellt wurden, nicht gewesen ist."

die im Bohrloche zu Rüdersdorf) ergiebt als Mittelwerth .. für 94,4 Pariser Fuß."

„Schließlich bemerke ich noch, daß da, wo in der folgenden l keine Höhe mitgetheilt wird, diese zu unbedeutend war, ıuf die Temperatur einen großen Einfluß zu haben."

Ich gebe in der folgenden Tafel die Beobachtungen in der n Folge, in welcher sie mir mitgetheilt wurden. Die einzige erung, welche ich vorgenommen habe, besteht darin, daß die Grade der Reaumurschen Scale in hunderttheilige ver- delt und bei der Lufttemperatur die erforderliche Correction bracht habe, wenn das arithmetische Mittel sehr von dem ren Mittel abwich.

el der von Erman auf seiner Reise in den Jah- 1828 bis 1830 angestellten und gesammelten Beobachtungen der Luft- und Erdwärme.

Ort	Breite	Länge östlich von Greenw.	Ungefähre Meereshöhe Fuß	Temperatur		
				Luft	Quellen d. nassen Erdschichten	Trockne Erdschichten
erlin	52°30′	13°24′	....	....	9°,99	....
daselbst	....	....	....	7°,55	....	....
önigsberg	54. 42	20. 30	....	....	8,16	....
daselbst	....	....	....	6,28	....	....
aikhof	56. 36	23. 24	....	....	6,21	....
Ritau	56. 42	23 42	....	6,59	....	....
orpat	58 24	26. 42	....	5,69	....	....
etersburg	59. 54	30. 18	....	....	6,00	....
aselbst	....	....	....	3,40	....	....
Stadt Waldai	57. 54	33. 12	1000	....	5,71	....
Jedrowa	57. 42	33. 36	800	....	3,12	....
Moscau	58. 48	37. 30	700	5,01	....	....
Wladimir	56. 0	40. 0	500	....	6,02	....
Ostaschicha	56. 6	45. 0	400	....	6,21	....
Kilmes	56. 54	51. 8	300	....	5,00	....
Ulsi	57. 18	52. 54	200	....	4,40	....
Kasan	55. 48	49. 24	100	....	6,00	....
Perm	58. 0	56. 24	175	....	2,50	....
Slatoust	57. 0	57. 0	175	....	5,60	....
Nischni Tagilsk	58. 0	60. 0	700	....	3,28	....
daselbst	daselbst	das.	daselbst	....	3,73	....
daselbst	daselbst	das.	daselbst	....	4,84	....
Kuschwa	58. 18	60. 12	....	....	5,27	....
Nischni Turinsk	58. 24	60. 12	700	....	5,25	....
Kuschwa	58. 18	60. 12	....	....	5,00	....

Ort	Breite	Länge östlich von Greenw.	Ungefähre Meereshöhe Fuß	Temperatur		
				Luft	Quellen d. nassen Erdschichten	Trockne Erdschichten
23. Werchoturie	58° 54′	60° 12′	900	....	2°,65	....
24. Bogoslowsk	59. 48	60. 24	700	....	2,94	....
25. daselbst	daselbst	daselbst	daselbst	....	3,38	....
26. daselbst	daselbst	daselbst	daselbst	....	....	4,60
27. daselbst	daselbst	daselbst	daselbst	....	3,94	....
28. daselbst	daselbst	daselbst	daselbst	....	6,21	....
29. daselbst	daselbst	daselbst	daselbst	— 0,64	....	....
30. Tobolsk	58. 12	68. 6	300	....	....	2,25
31. daselbst	daselbst	daselbst	daselbst	....	....	2,25
32. daselbst	daselbst	daselbst	daselbst	— 2,45	....	....
33. Beresow	63. 54	64. 54	....	....	2,00	....
34. daselbst	daselbst	daselbst	daselbst	— 2,98	....	....
35. Obdorsk	66. 30	66. 24	....	....	....	—2,13
36. Podjelnik	56. 18	87. 12	500	....	0,56	....
37. Krasnojarsk	56. 0	92. 54	700	....	3,88	....
38. daselbst	daselbst	daselbst	daselbst	....	3,94	....
39. Irkutzk	52. 18	104. 12	1350	....	3,75	....
40. daselbst	daselbst	daselbst	daselbst	0,56	....	....
41. Werchne Udinsk	51. 48	107. 42	1800	....	1,88	....
42. Troitzko Ssawsk bei Kjächta	50. 24	106. 30	2700	....	1,76	....
43. Jakutzk	62. 0	129. 7	350	— 8,07	....	....
44. daselbst	daselbst	daselbst	daselbst	....	— 7,50	....
45. Nischni Kolymsk	68. 18	163. 18	....	—10°,00	....	....
46. Ustjansk	70. 48	138. 24	....	—14,89	....	....
47. Ochotzk	59. 18	143. 12	....	A	2,50	....
				B	2,00	....
				C	2,00	....
48. Tigil	57. 54	158. 0	150	....	2,75	....
49. Poworotnaja Sopka	57. 12	159. 36	1630	....	1,88	....
50. Kluitschewskaja Selenie	56. 18	160. 24	400	....	5,68	....
51. Petropaulowsk	53. 0	158. 8	....	2,04	....	....
52. Neu-Archangelsk auf Sitcha	57. 0	224. 24	....	7,09	....	....
53. San Francisco in Californien	37. 48	237. 54	....	A	10,68	....
				B	9,75	....
54. Otaheiti	17. 30 S	210. 24	....	....	23,00	....
55. daselbst	daselbst	daselbst	....	....	23,00	....

Die Untersuchungen, auf denen diese Angaben beruhen, sind folgende:

1. Erman in den Abh. d. Berl. Acad. nach mehreren Jahrgängen für die Quellen, und Tralles daselbst für die Luft.
2. Meine Beobachtungen in den Annal. der Physik LXXXVII, 297 für die Quellen, und Sommer für die Luft.

3. Am 6ten Mai 1828. Quelle von gleicher Reichhaltigkeit und unter ähnlichen Umständen entspringend, wie die unter 2. erwähnte.

4. 6jähr. Beob. (1823—28) berechnet vom Prof. Paucker. Die Messungen wurden angestellt um 20^h, 3^h und 9^h und es wurde angenommen, das Mittel sey $= \frac{10.\,XX + 4.\,III + 7.\,IX}{21}$ (Die römischen Zahlen bezeichnen die zu den gedachten Stunden erhaltenen mittleren Temperaturen.)

5. 3jähr. Beob. (1826—28), mitgetheilt durch F. Parrot.

6. Die Quelle beob. am 23sten Mai 1828. „Drei sehr reiche Quellen, die ich auf dem Besborodkischen Landgute beobachtete. (Kupffer Voy. au mont Elbrous p. 117 citirt 6°,13 für den Monat Mai. Ich weiß nicht, ob dieses nach der ihm mitgetheilten Angabe der Beobachtungen meines Thermometers in einer der drei Quellen geschehen, oder in Folge einer eigenen Beobachtung, die er etwa in einem spätern Jahre gemacht hätte. Im letzteren Falle wäre es höchst wünschenswerth gewesen, einen andern Monat zu wählen)." Die Temperatur der Luft nach Beobachtungen von 1780 bis 1806, nämlich 20 Jahre von A. Euler und 5 von Inochodzow.

7. Beob. am 14ten Julius 1828. Mittel aus der Temperatur dreier Quellen. Südöstlich von der Stadt nahe an der Landstraße gelegen.

8. Beob. am 14 Julius 1828. „Am Abhang der Hügel von Waldai. Offenbar anomal erkältet: wahrscheinlich in Folge eines nahe gelegenen Torfmoores, welches die Quelle speist und in welchem die Winterkälte sich länger zu erhalten pflegt."

9. Mittel aus den Beobachtungen um 18^h, 0^h und 9^h, während 6 Jahren durch Prof. Perewoschtschikoff angestellt.

10. Beob. am 31 Julius 1828. Grundwasser in einem Ziehbrunnen von 112′ Tiefe.

11. Beob. am 10 August 1828. Grundwasser in einem Ziehbrunnen von 98′ Tiefe.

12. Beob. am 21 August 1828. Grundwasser in einem Ziehbrunnen von 25 Fuß Tiefe.

13. Beob. am 23. August 1828. Grundwasser in einem Ziehbrunnen von 58 Fuß Tiefe.
14. Quelle aus dem bunten Sandstein am Hügel der Festung. Prof. Bronner fand sie sehr constant im Laufe des Jahres.
15. Beob. am 26 August 1828. Grube Arschinsk nahe bei der Stadt. Grubenwasser in 93 engl. Fuß Seigerteufe, aus dem Kupfersanderz gesammelt. Die Wasser der oberen Schichten vermengen sich mit denen der unteren, bevor sie zu Sumpfe kommen, daher scheint die geothermische Accrescenz hier nicht fühlbar.
16. Beob. am 29 August 1828. Starke Quellen, die gleich beim Ausfluß einen erheblichen Bach bilden, aus aufgeschwemmten Schichten. Wohl periodisch mit den Jahreszeiten wechselnd, wie die ähnlichen Quellen des aufgeschwemmten Landes. Vgl. No. 2.
17. Beob. am 7 Sept. 1828. Brunnen von 20 Fuß Tiefe.
18. Beob. das. Brunnen von 12 Fuß Tiefe.
19. Beob. das. Grubenwasser aus 196 engl. Fuß Seigerteufe.
20. Beob. am 10 Sept. 1828. Quelle im Niveau des Flusses Kuschwa ausfließend. Durch ein hölzernes Bassin ist der Abfluß etwas gehindert und daher wirkte wohl die Jahreszeit erhöhend auf die Temperatur.
21. Beob. am 11 Sept. 1828. Eisenhaltige Quelle, ebenfalls eingefaßt und der Abfluß nicht ganz frei.
22. Beob. am 10 Sept. 1828. Bohrloch von 14 Fuß Tiefe in einem von oben an nassen Erdreich, so daß plötzliche Vermengung des obern Wassers mit dem untern durch das Bohren bewirkt seyn konnte. — No. 20, 21 und 22 verdienen nicht viel Zutrauen.
23. Beob. am 12 Sept. 1828. Reichhaltige und schöne Quelle aus dem Granit im Niveau der Tura. Freier und vollkommener Abfluß.
24. Beob. am 14 Sept. 1828. Quelle aus Grünstein an der Erdoberfläche entspringend. Freier und vollkommener Abfluß.
25. Beob. am 14 Sept. 1828. Quelle im Trolowischen Grubenzuge im Erzengel-Schacht, in 182 Fuß Tiefe beob-

achtet, woselbst sie aus der Kluft eines stark geneigten Kalklagers von oben hereinbricht und wegen der Schnelligkeit ihres Laufes die Temperatur der tieferen Schichten wohl nicht angenommen hat.

26. Beob. am 14 Sept. 1828. Thermometer in demselben Schachte gelassen in einem Schießloche mit dem festen Gestein, bis sich die Temperatur nicht mehr sichtlich änderte.

27. Beob. am 14 Sept. 1828. Wasser in demselben Grubenzuge, welches in 210 engl. Fuß in einer Kalkhöhle zu Sumpf gekommen.

28. Beob. am 14 Sept. 1828. Grubenwasser im Turjinsker Grubenzuge, welches in 312 engl. Fuß in einem von da ab ersoffenen Schachte zu Tage gekommen.

29. Jahrgang 1827. Es wurde als Mittel gefunden um 18^h — 3°,74, um 0^h 2°,00, und um 8^h — 0°,19. Das arithmetische Mittel — 0°,64 wird sich wenig von dem wahren entfernen, da dieses zu Padua und Leith zu den gedachten Stunden nicht der Fall ist. „Die Vergleichung von (29) mit (32) zeigt jedenfalls, daß die Länge hier einflußreicher auf die Temperatur ist, als die Breite der Orte." Ist dieses von E. angegebene Resultat auch nicht zu läugnen, so glaube ich doch dagegen bemerken zu müssen, daß ein einziges Jahr noch nicht hinreicht, um die Existenz dieses Einflusses außer allem Zweifel zu setzen, noch weniger um seine Größe zu bestimmen.

30. Beob. am 21 October 1828. Bohrloch in der untern Stadt, 18 Fuß tief. Nach Durchsinkung einer feuchten torfartigen Schicht von 12 Fuß Mächtigkeit erreichte man eine vollkommen trockene Lehmschicht, in welcher das Thermometer sich während des Versuches befand.

31. Beob. am 19 October 1828. Bohrloch auf dem Festungshügel, 30 Fuß tief eingeschlagen. Von oben bis unten völlig trockener Lehm.

32. 15 Jahrgänge (1806—1821) von Beobachtungen von Herrn Albert, Med. Dr. zu Tobolsk. Es wurde gefunden um 0^h 0°,55 und um 11^h — 4°,13, das arithmetische Mittel beider ist — 1°,79. Das arithmetische Mittel der zu denselben Stunden in Padua angestellten

Beobachtungen ist 14°,35, das wahre Mittel 13°,75, die Correction — 0°,58 verwandelt sich wegen der etwas größern täglichen Bewegung des Thermometers in — 0°,66, also wahres Mittel von Tobolsk — 2°,45 oder aufs Niveau des Meeres reducirt — 1°,95 [1]).

33. Beob. am 2 Decbr. 1828. Bohrloch 23 Fuß tief, eingeschlagen an einem um 34 Fuß über dem Flußniveau erhabenen Puncte. Der Bohr ging hier nur 4 Fuß tief durch gefrorne Erde. Am Boden des Bohrloches war feuchtes Erdreich. Die Verticale des Bohrloches ist um 30 bis 40 Schritt vom Flußufer entfernt.

34. Das. Ein Jahrgang sehr guter Beobachtungen. Es wurde gefunden um 18^h — 4°,00, um 0^h — 0°,29 und 6^h — 3°;38, das arithmetische Mittel ist — 2°,56. Fügen wir dazu noch die für Padua nöthige Correction — 0°,42, so erhalten wir als mittlere Temperatur — 2°,98. „Daß zwischen Tobolsk und Beresow ein so kleiner Temperaturunterschied, trotz eines Breitenunterschiedes von 5½ Grad Statt findet, erklärt sich durch die westlichere Lage von Beresow [2]). Diese war bisher gänzlich unbekannt (s. Erman Lauf des Obi): man hätte hier durch das Thermometer die Längendifferenz vorhersehen können."

35. Beob. am 11 December 1828. Bohrloch 18 Fuß tief auf dem 50 Fuß hohen Uferhügel des Obi, eingeschlagen durch und durch in trockenen sandigen Lehm.

36. Beob. am 23 Januar 1829. Offene 14 Fuß tiefe Ziehbrunnen. Sicher durch den freien Luftzutritt bei Stagnation des Grundwassers erkaltet. Die angegebene Zahl ist daher nur als eine Gränze des Minimum anzusehen, unter welcher die Quellentemperatur nicht seyn kann.

37. Beob. am 28 Januar 1829. Mächtige Quelle aus dem Stinkstein entspringend im Niveau des Jenisey, beim Dorfe Basächa in der Nähe der Stadt.

38. Beob. das. Andere reichhaltige Quelle eben so entspringend beim Dorfe Torgasine. No. 38 und 39 sind voll-

1) Diese Reductionen sind von mir vorgenommen.

2) Oder größere Nähe am Meere?

kommen frei abfließende Quellen, deren Beobachtung in jeder Beziehung für höchst zuverlässig gehalten werden muß. Cancer pulex lebte in ihnen bei einer Lufttemperatur von — 26°,2.

39. Beob. am 10 Febr. 1829. Sehr gute Quelle bei der Sitrikowschen Besitzung nahe bei der Stadt. Die Quelle gehört sicherlich zu den sehr constanten wegen ihrer Reichhaltigkeit und der Mächtigkeit des Höhenzuges, welcher ihren Rinnsaal überdeckt.

40. 8 Jahrgänge; die Messungen gaben um 19^h — 2°,88, um 2^h 6°,36 und um 9 Uhr — 1°,81, das arithmetische Mittel 0°,56 weicht wenig vom wahren Mittel ab.

41. Beob. am 14 Februar 1829. Gute Quelle im Uda-Thale nahe bei der Stadt, welche täglich 99300 Pfund Wasser giebt.

42. Beob. am 21 Febr. 1829. Zwei gute Quellen.

43. Sehr gute Beobachtungen mit Weingeistthermometern, welche ich mit den meinigen verglichen habe. Es wurde gefunden um 20^h — 12°,18, um 2^h — 1°,68, zu dem arithmetischen Mittel — 6°,93 ist noch die Correction — 1°,74 hinzuzufügen, dadurch wird die mittlere Temperatur — 8°,07 oder aufs Meer reducirt — 7°,49. „Die Sommer sind etwas wärmer als zu Tobolsk und dem gemäß sind viele einzelne Vegetationserscheinungen. Die Winter aber so, daß wir als arithmetisches Mittel der Beobachtungen um 20^h und 2^h erhalten: December — 42°,5; Januar — 41°,25, Februar — 39°,5“. Beobachter sind Katakázia und Rewjerow.

44. Beob. am 15 April 1829. „So fand ich die Temperatur des frisch angebrochenen Erdreiches am Boden eines 49 englische Fuß tiefen Schachtes, in welchem man Wasser zu erhalten hoffte, in dem man aber Sommer und Winter nur gefrornes Erdreich traf.“

45. Zwei Jahrgänge, deren Resultate mitgetheilt wurden vom Capitän Wrangel. Das Mittel erhalten wie sub 40.

46. Zwei Jahrgänge, in extenso mitgetheilt vom Flottarzt Figurin im Journal der russischen Marine. Das angegebene Mittel erhalten wie sub 40. Es ist namentlich De-

cember — 38°,4, Januar — 38°,7, Febr. — 34°,8, also die Winter nicht so streng als zu Jakutzk, dagegen sind die Sommer weit kälter [3]). Die Winter sind zu Ustjansk, ja selbst zu Jakutzk strenger als die von Parry im transatlantischen Polarmeere in 74° 42′ Breite beobachteten."

47. Beob. am 3 Junius 1829. Drei Quellen auf der Insel Bulgin, von denen A die wasserreichste ist und volles Zutrauen verdient.

48. Beob. am 18 August 1829. Schöne Quelle unmittelbar aus dem Mandelsteine quellend. Mit einem genau berichtigten Thermometer ward dieselbe späterhin beobachtet vom Capitän Sadjelow [4]); er fand am 27 August 1829 + 2°,25 (?), 12 October + 2°,25; 28 October + 2°,26; 12 December 2°,19; 4 Januar 2°,11, die Quelle ist also nahe constant.

49. Starke Quelle am Abhang der Poworotkaja Sopka, im Thal des ersten zum Ostmeere fließenden Baches.

50. Beob. am 12 Sept. 1829. Vier Werst von dem Dorfe; 40 Werst vom Heerd der vulcanischen Thätigkeit. Nur vor Menschengedenken haben sich Lavaströme bis hieher erstreckt, doch ist es ein vulcanisches Gestein, aus welchem die Quelle entspringt. Die Quelle ist sehr wasserreich.

51. Im Mittel der Jahrgänge 1827 und 1828 wurden erhalten um $18^h,5$ 0°,05, um 0^h 4°,96 und um $9^h,5$ 0°,78, zu dem arithmetischen Mittel 1°,93 ist noch die Correction 0°,11 zu addiren, so daß 2°,04 sehr nahe das wahre Mittel ist.

52. Mittel aus dem Jahrgange 1829. Es wurde gefunden um 18^h 6°,02; um 0^h 9°,01; um 6^h 7°,05; das arithmetische Mittel 7°,36 erfordert die Correction — 0°,38, so daß 6°,98 sehr nahe die mittlere Temperatur ist. „Vier Grad nördlicher als Petropaulowsk und doch um 5° wärmer! Durch südliche Winde werden Colibris nach Sitcha

---

3) Hier haben wir also eine speciellere Nachweisung des Phänomenes, auf welches bereits oben nach den Bemerkungen von Parrot aufmerksam gemacht wurde.

4) So scheint der Name zu heißen.

verschlagen und leben daselbst während der Sommermonate. Die Einwohner gehen stets ohne Fußbekleidung, welches auf Kamtschatka's südlicher Spitze unerhört ist. Schnee bleibt nur auf den Bergen wochenlang liegen.

53. Quelle A beobachtet am 8 December 1829, bei der Mission San Francisco liegend; Quelle B am Nordufer der Bai liegend, am 15 December 1829 beobachtet, aus ihr pflegen die Schiffer sich mit Wasser zu versehen. „Beide Quellen scheinen alle Requisite zur Angabe einer richtigen Quellentemperatur zu besitzen, B wurde indeß entfernter vom Ursprunge des Wassers beobachtet, als A. — Zu San Franzisco gedeihen Oliven und ein trinkbarer Wein, desgleichen viele Formen von *Laurus*. — *Pinus*waldungen aber reichen von Norden her bis nahe an San Franzisco."

54. Beob. am 17 Februar 1830. Schöne und reichhaltige Quelle in einer schönen Querschlucht des Matawaithales, in einem natürlichen Bassin mit Sprudeln hervorquellend.

55. Beob. am 17 Februar 1830. Wasser aus einer Felsenspalte des steilen Bergabhanges zum Meere im Districte O-Parri hervorquellend.

Vermittelst der mitgetheilten Thatsachen lassen sich manche [Pu]nkte in der Lehre von der Vertheilung der Wärme besser be[st]inden, als es nach denjenigen Erfahrungen möglich war, [we]lche mir früher zu Gebote standen. Ich will es jedoch nur [ver]suchen, die Biegung der Isothermen im Innern von Asien zu [be]stimmen, es künftigen Forschern überlassend, die noch vorhan[de]nen Lücken zu ergänzen.

In dem Meridiane von etwa 65° östlicher Länge will ich die [fol]genden drei Messungen zusammenstellen:

Bombay: $\varphi = 18^\circ\ 58'$, $T\varphi = 26^\circ,46$
Tobolsk: $\varphi = 58^\circ\ 10'$, $T\varphi = -\ 1^\circ,95$
Beresow: $\varphi = 63^\circ\ 54'$, $T\varphi = -\ 2^\circ,98$.

[O]bgleich sich nach den Bemerkungen von Erman Beresow in Ver[gl]eich mit Tobolsk durch eine hohe Temperatur auszeichnet, so

habe ich dennoch diesen Ort hier, wo wir zunächst nur eine
Annäherung an die Wahrheit erlangen können, mit zur
rechnung genommen; sollte die Zahl der Messungen in diesem
ridiane noch größer werden und sich dabei durchgängig diese l
same Abnahme der Temperatur bei Annäherung an das P
meer zeigen, ja vielleicht eine schwache Zunahme der mit
Temperatur auf eine ähnliche Art hervortreten, als wir ihn
in Skandinavien zwischen Enontekis und dem Nord-Cap fin
so würden mehrere Formeln für verschiedne Breiten erford
seyn, obgleich die Messungen in Nord-America darauf de
daß das Gesetz der Continuität bei der Wärme-Abnahme im
nern der Continente weniger gestört ist, als an den Küsten.

Die Messungen an den gedachten drei Punkten führe
der Gleichung

$$T\varphi = -12^\circ{,}725 + 43^\circ{,}661 \cos^2\varphi.$$

Für die Punkte, wo die einzelnen Isothermen durch diesen M
dian gehen, erhalten wir folgende Größen:

Isotherme von	25°	in	21° 38′ N
	20	.....	30. 2
	15	.....	37. 10
	10	.....	43. 49
	5	.....	50. 25
	0	.....	57. 20
	— 5	.....	65. 8
	—10	.....	75. 32

Weiter östlich lassen sich in dem Meridiane von 135° O die
genden Messungen zusammenstellen

Nangasaki:	$\varphi = 32^\circ 45$,	$T\varphi = 16^\circ{,}01$
Peking	$\varphi = 39.\ 54$,	$T\varphi = 12{,}55$
Jakutzk	$\varphi = 62.\ 0$,	$T\varphi = -7{,}49$
Ustjansk	$\varphi = 70.\ 48$,	$T\varphi = -14{,}89$

Sollten wir einst eine größere Zahl von Messungen aus die
Meridiane besitzen, so würde sie vielleicht zeigen, daß auch
vier Orte sich nicht durch eine einzige Formel verbinden lie
denn einer von ihnen hat ein Inselklima, der zweite das K

Ostküste Asiens, der dritte ein ganz entschiedenes Continental-Klima, und der vierte endlich liegt an der Küste des sibirischen Eis-Meeres. Jedoch auch hier scheint es erlaubt, Behufs einer Annäherung an die Wahrheit, diese vier Orte zu verbinden. Dadurch erhalten wir

$$T\varphi = -18°,580 + 49°,551 \cos^2\varphi$$

und dieser Ausdruck giebt folgende Durchschnittspunkte für die einzelnen Isothermen:

Isotherme von	15°	in	34° 7′ N
	10	.....	40. 35
	5	.....	46. 23
	0	.....	52. 14
	— 5	.....	58. 26
	—10	.....	65. 25
	—15	.....	74. 25

Endlich lassen sich in dem Meridiane von 160° die beiden folgenden Orte verbinden:

Petropaulowsk: $\varphi = 53°\ 0'$, $T\varphi = 2°,04$
Nischni-Kolymsk: $\varphi = 68°\ 18'$, $T\varphi = -10,00$

diese geben die Gleichung

$$T\varphi = -17°,299 + 53°,393 \cos^2\varphi$$

und wir finden hiernach

Isotherme von	5°	in	49° 44′
	0	.....	55. 18
	— 5	.....	61. 19
	—10	.....	68. 18
	—15	.....	78. 0

Hier scheinen also die Isothermen schon wieder etwas nach Norden gerückt zu seyn; dieser Einfluß des Meeres auf die Erhöhung der Temperatur im östlichen Asien wird noch auffallender, wenn wir die Abhängigkeit der Wärme von der Breite an der Ostküste Asiens selbst untersuchen. Ich versuchte schon oben S. 106 eine annähernde Bestimmung der Wärme in dieser Gegend, jedoch waren Nangasaki und Peking die beiden nördlichsten Orte, aus denen ich

Beobachtungen benutzen konnte und die gefundene Lage der Isothermen in höheren Breiten war daher stets verdächtig. Um für diese Gegenden etwas genauere Bestimmungen zu erhalten, stelle ich das Mittel aus den Messungen zu Peking und Nangasaki mit der zu Petropaulowsk zusammen. Dadurch wird

$$T\varphi = -13^{\circ},471 + 42^{\circ},827 \cos^{2}\varphi$$

und wir finden

Isotherme von 15° in	35° 23′ N	
S. 106 fanden wir	36. 31	
Mittel	35. 57	

Isotherme von	10°	in	42. 15
	5	. . . . .	48. 57
	0	. . . . .	55. 53
	— 5	. . . . .	63. 63
	— 10	. . . . .	73. 28

Stellen wir jetzt die Durchschnittspunkte der Isothermen mit den Meridiane im Innern des alten Continentes zusammen, so verwandelt sich die S. 106 gegebene Tafel in die folgende, der Wahrheit unstreitig näher kommende:

Isotherme von	Meridian von					Ostküste des alten Continente
	55° O	65° O	90° O	134° O	160° O	
25°	28° 20′ N	21° 38′ N	19° 18′ N	. . . .	. . . .	16° 39′ N
20	34. 51	30. 2	31. 40	. . . .	. . . .	27. 50
15	40. 55	37. 10	37. 56	34° 7′	. . . .	35. 57
10	47. 37	43. 49	43. 51	40. 35	. . . .	42. 15
5	52. 43	50. 25	49. 44	46. 23	49° 44′	48. 57
0	59. 2	57. 20	55. 22	52. 14	55. 18	55. 53
— 5	66. 12	65. 8	62. 29	58. 26	61. 19	63. 63
— 10		75. 32		65. 25	68. 18	73. 28
— 15				74. 25	78. 0	

Wir sehen hieraus also, wie von der Westküste Europas an, Isothermen ziemlich regelmäßig immer tiefer nach Süden sin und sich erst ganz in der Nähe des großen Oceanes wieder n Norden heben. Auffallend jedoch scheint es mir, daß in d alten Festlande, wo der Charakter des Continentalen theils we der größern Ausdehnung der Ländermasse, theils wegen der ho Plateaus und Gebirgszüge in der Mitte, weit auffallender

:ker hervortreten muß, als in America, dieser Einfluß des öst-
liegenden Meeres erst in so geringer Entfernung von der Küste
hrnehmbar wird. Die westlichen Luftströmungen, welche nach
mir handschriftlich mitgetheilten Untersuchungen des Dr. Er-
n hier fast eben so vorherrschend sind als in Europa, tragen
rdings zur Austrocknung der Luft und den damit verwandten
änomenen vieles bei; ich halte es jedoch für sehr wahrscheinlich,
auch hier der schnelle Uebergang vom Küstenklima zum Conti-
talklima bei der Entfernung von der Ostküste Asiens nicht so-
hl durch die absolute Distanz der Orte, als vielmehr durch die
rgketten bedingt wird, welche Kamtschatka von Norden nach
den durchziehen und sich an der Ostküste Asiens bis zum Ost-
im Lande der Tschuktschen erstrecken, gerade so wie Schweden
ien stark hervortretenden continentalen Charakter nicht sowohl
großen Entfernung vom atlantischen Meere, als der Berg-
e verdankt, welche dieses Land von Norwegen trennt.

Die mittlere Temperatur von Neu-Archangelsk auf der
sel Sitcha bestätigt dasjenige, was ich an mehreren Stellen
r die Wärmedifferenz zwischen Ost- und Westküsten gesagt
e. Diese Wärme ist jedoch mehrere Grade größer, als sie
h der S. 105 mitgetheilten Tafel seyn sollte. Sollten Mes-
gen an mehreren Orten der Westküste Americas ähnliche
omalieen zeigen, so würden die gefundenen Punkte für die
thermen in dieser Gegend sehr abzuändern seyn, bis jetzt
e ich diese Arbeit nicht vorgenommen. Die Messungen auf
tcha umfassen jetzt nur die Zeit eines Jahres, und es wäre
glich, daß durch spätere Beobachtungen die gegebene Tempe-
ur sehr geändert würde. Dazu kommt, daß wahrscheinlich
steile Küste in der Umgegend eine ähnliche Wärmeerhöhung
irkte, als wir sie in Norwegen bemerken.

Zu demjenigen, was ich eben über unsere Kenntniß von den
setzen der Wärmevertheilung an den beiden Küsten des großen
eans gesagt habe, will ich noch eine Bemerkung über die
nperatur des Meerwassers selbst hinzufügen. Schon bei
handlung dieses Gegenstandes machte ich auf S. 119 darauf
merksam, daß der große Ocean in der Nähe des Aequators
rmer sey, als das atlantische Meer. Ich mußte es jedoch un-
chieden lassen, ob diese Differenz Folge des Zufalles oder eines

Naturgesetzes sey. Durch die Beobachtungen, welche Beechey auf seiner Reise nach dem nordwestlichen America anstellte und welche ich erst vor wenigen Wochen zu Gesicht bekam, läßt sich die Wärme in verschiedenen Gegenden jenes Meerbeckens genauer bestimmen, jedoch sind die Abweichungen zwischen den S. 118 gegebenen Größen und denjenigen, welche ich in Folge dieser Untersuchung gefunden habe, zum Theil so unbedeutend, daß ich es für überflüssig halte, den Gegenstand hier aufs Neue zu behandeln, da wir vielleicht binnen Kurzem von den französischen Reisenden Freycinet, Duperrey und Andern die von ihnen gesammelten Thatsachen erhalten, wodurch nothwendig eine noch schärfere Bestimmung möglich wird. Die von Beechey gefundenen Thatsachen machen es nun höchst wahrscheinlich, daß der große Ocean am Aequator wärmer sey, als das atlantische Meer. Die Ursache dieses Unterschiedes liegt nach meiner Ansicht in der ungleichen Ausdehnung beider Meere. Indem die Passate das Wasser der Aequinoctialmeere nach Westen treiben, wird letzteres in dem atlantischen Meere in kurzer Zeit nach Norden oder Süden geführt; Polarströme, sey es nun, daß sie an den Küsten entlang fließen, oder daß sie von unten in die Höhe steigen, stellen das hydrostatische Gleichgewicht sogleich wieder her. Wegen der großen Wärmecapacität des Wassers aber vergeht lange Zeit, ehe letzteres die zur Herstellung des Temperaturgleichgewichtes erforderliche Wärme erhält, ja vielleicht erhält das Wasser bei der geringen Ausdehnung dieses Beckens die zu der Breite gehörige Temperatur entweder gar nicht, oder doch nur in der Nähe der Küsten, auf keinen Fall aber in der Mitte des Meeres, wo doch die meisten Messungen gemacht sind. Es scheint mir nach dem Gesagten im hohen Grade wahrscheinlich, daß eine größere Zahl von Messungen, als wir jetzt besitzen, in den Aequinoctialgegenden des atlantischen Meeres eine entschiedene Abhängigkeit der Wärme des Wassers von der Länge zeigen werden, indem letztere desto größer wird, je näher wir an Americas Ostküste gelangen. Ganz anders sind die Verhältnisse im großen Oceane. Die mathematische Dimension dieses Beckens ist größer, das Wasser verweilt länger in der Nähe des Aequators, und da die vertical stehende Sonne länger einwirkt, nimmt das Meer eine höhere Temperatur an. Der Einfluß dieser mathematischen Dimension wird noch durch

einen

einen physischen Umstand unterstützt. Eine Menge kleiner Inseln liegt in den Aequinoctialgegenden des großen Oceans zerstreut, ein großer Theil von diesen besteht aus Corallen. Mögen wir nun mit einigen Naturforschern annehmen, daß der Boden des Oceans hier eben sey, und daß diese Gebäude hier senkrecht in die Höhe geführt seyen, oder mögen wir uns hier submarine Gebirgszüge, größtentheils vulcanischer Natur vorstellen, auf denen die Inseln entweder auf Höhen oder auf Erhebungskratern ruhen: so viel ist gewiß, daß diese Inseln der Fortbewegung des Stromes ein Hinderniß entgegensetzen, die Geschwindigkeit des Wassers also vermindern. Die wenigen mir bekannten Thatsachen scheinen es zu bestätigen, daß der Aequatorialstrom im atlantischen Meere eine größere Geschwindigkeit hat, als im großen Oceane. Nach den Erfahrungen von Sabine beträgt die Schnelligkeit dieses Stromes im atlantischen Meere täglich etwa 40 Seemeilen [5]), dagegen betrug nach den Beobachtungen von Beechey die Schnelligkeit des Stromes auf dem Wege von Taïti nach dem Aequator 10 bis 30, im Mittel 16½ Meilen im Tage, und vom Aequator bis zu 4° N 15 bis 23, im Mittel 18 Meilen im Tage [6]).

Ich sehe mich bei dieser Gelegenheit genöthigt, noch auf einen Umstand aufmerksam zu machen, welcher auf den Gang der Temperatur vom größten Einflusse ist und auf den ich bei den früheren Untersuchungen ein weit geringeres Gewicht gelegt habe, als er verdient. Wir haben mehrmals gesehen, daß die Aenderungen der Lufträume sowohl während des Tages als während des Jahres am Meere und auf demselben am kleinsten sind, und daß sie zunehmen, wenn wir von den Küsten des Meeres ins Innere der Continente übergehen. Ungleiche Durchsichtigkeit der Elemente, Wärme die der Dampf bindet oder die beim Niederschlage frei wird, wurden als die wichtigsten Ursachen dieses Gegensatzes zwischen Continental- und Seeklima angesehen. Nicht minder wichtig aber ist der Einfluß der Wärme-Capacität. Nehmen wir an, die Luft über dem Meere und dem Festlande sey in derselben Breite gleich durchsichtig, es erhalten also gleich große Theile ihrer Oberfläche bei derselben Sonnenhöhe einerlei Menge

5) Schweigger's Jahrb. N. R. XXI, 393.
6) Beechey Narrative II, 635.

von Wärme; stellen wir uns ferner vor, die Wärme, wel jedem Tage mitgetheilt wird und während der Nacht wieder strahlt, bleibe sowohl im Wasser als auf dem Festlande nur i superficiellen Schichten: so zeigt eine nähere Betrachtung, die täglichen Aenderungen der Temperatur bei gleicher A von Wärme nicht gleich seyn können. Um diese Differen Schärfe zu bestimmen, würde genaue Kenntniß der Wä Capacität der verschiedenen Körper, aus denen die Erdrinl steht, erforderlich seyn. Da hierüber noch keine umfassenden suche angestellt sind, will ich zu einer beiläufigen Abschätzun Wärme-Capacitäten einiger Erden und Gesteine angeben, d Wassers mit 1 bezeichnet [7]):

Achat . . .	0,1950	nach Wilcke
Asche . . .	0,1923	nach Crawford
Bleioxyd, gelbes	0,0680	nach Crawford
Eisenoxyd . .	0,3200	nach Kirwan
kohlens. Kalk .	0,2700	nach Dalton (Kreide)
Kupferoxyd . .	0,2272	nach Crawford
Steingut . .	0,1950	nach Kirwan
Steinkohle . .	0,2800	

Lassen sich gegen die Richtigkeit von manchen dieser Angaben gegründete Einwendungen machen, so können sie uns doch dienen, ungefähr das Verhältniß abzuschätzen, welches bei t gendem Probleme Statt findet. Nehmen wir also an, die W capacität der festen Erdrinde sey nahe eben so groß, als be erwähnten Körpern, so finden wir $\frac{1}{4}$, die des Wassers als heit angesehen. Wenn demnach alle Wärme, welche Meer Festland erhalten, nur in den obersten Schichten bliebe, so den, unter Voraussetzung gleicher Einnahme von Wärm Laufe des Tages, die Aenderungen der Temperatur i obersten Gesteinschichten viermal größer seyn, als auf der fläche des Meeres, und eben dieses Verhältniß müßte sich schen den untersten Luftschichten zeigen. Durch die Durchsi keit des Meeres und die Undurchsichtigkeit der festen Erl

7) Sämmtliche Angaben aus dem Supplementbande zu Baum ner's Naturlehre S. 1030.

wird dieses Verhältniß noch bedeutend vergrößert; es tritt jedoch eine theilweise Compensation ein. Da nämlich die Erde meistens mehr oder weniger feucht ist, so findet auf ihrer Oberfläche eine schwache Verdunstung Statt, wodurch die starke Erwärmung am Tage verhindert wird. Wo jedoch der Boden sehr trocken, die Luft sehr durchsichtig ist, wie in den Wüsten, da müssen die täglichen Aenderungen der Wärme sehr groß seyn, wie dieses auch die Erfahrung bestätigt.

Es bliebe jetzt noch eine nähere Bestimmung der Isogeothermen nach den mitgetheilten Messungen übrig; da jedoch die Messungen in verschiedenen Meridianen isolirt stehen, so ist es mir nicht möglich gewesen, die Lage dieser Linien so genau zu fixiren, als bei den Linien gleicher Luftwärme der Fall war. Ich habe mich indessen bemüht, die Zeichnung dieser Linien nach diesen Thatsachen so getreu als möglich darzustellen. Nur ein Umstand bleibt hiebei gänzlich dunkel, die geringe Temperatur der Quellen in Californien. Es muß künftigen Reisenden überlassen bleiben, auszumachen, ob dieselbe Naturgesetz sey; wahrscheinlich aber ist es, daß dort wegen des Vorherrschens der Winterregen die Wärme der Quellen niedriger seyn wird, als die der Luft.

Druckfehler.

S. 1. Z. 7 v. u. lies: von Licht statt: der Luft.
— 97. — 7 v. u. l. — 15° st. — 10°.
— 109. — 8 v. u. l. groß st. klein.
— 111. — 5 v. u. l. er dem st. er in dem.
— 133. — 14 l. Wärmegraden st. Wärmegegenden.
— 142. — 13 v. u. l. zwischen der Temperatur des Sommers und Winters st. zwischen der mittleren jährlichen Temperatur.
— 145. Z. 12 l. die folgenden st. dieselben.
— 159. — 7 l. aufzuheben st. zu heben.
— 165. — 3 l. in eben diesen Gegenden st. in eben diesen Gebirgen.
— 192. — 3 l. für st. durch.
— 280. — 14 l. mir st. nur.
— 284. — 12 l. ist st. sind.
— 287. — 19 l. an der Erdoberfläche st. von der Erdoberfläche.
— — — 26 l. am Aequator st. vom Aequator.
— 332 — 18 l. Ausstrahlung der Wärme st. Ausstrahlung der Luft.
— 341. — 13 v. u. l. unserer Formel st. unsern Formel.
— 343. — 6 l. magnetischen st. electrischen.
— 353. — 4 l. Rechnungen st. Richtungen.
— 372. — 10 l. Winde st. Wärme.
— 387. — 6 l. Strömung st. Störung.
— 400. — 24 l. Welchen st. Welchem.
— 410. — 5 v. u. setze man mit diesen hinter Dämpfe.
— 462. — 23 l. Ostrande st. Ostwinde.
— 470. — 23 l. Taf. III. Fig. 6. statt Taf. IV.
— 536. — 13 v. u. l. Undulationssysteme st. Modulationssysteme.
— 537. — 26 l. schnelle st. specielle.

	…ai	Junius	Julius	…ier	Frühling	Sommer	Herbst
Mel…	8°,5	2°,4	5°,8	,33	—19°,57	3°,14	—17°,96
Ingl…	4,0	0,2	4,4	,50	—17,10	1,83	—13,80
Win…	5,0	1,1	2,4	,03	—14,63	2,03	— 8,30
Fort…	0,2	....	....	,27	—13,17	.....	— 7,30
Rain…	1,1	4,7	8,7	,48	— 5,77	7,57	2,22
Ofa…	1,7	5,5	9,3	,44	— 4,99	8,09	— 0,61
Eno…	2,5	9,7	15,3	1,59	— 3,97	12,80	— 2,69
St. …	2,0	4,3	7,2	,22	— 1,76	6,11	— 0,50
St. …	2,5	5,6	7,9	,81	— 2,51	7,56	0,11
Fort…	3,3	10,0	14,4	1,56	— 4,82	11,48	— 3,91
Nor…	1,1	4,5	8,1	,63	— 1,33	6,38	— 0,12
Eya…	2,3	6,4	8,3	,20	— 2,17	7,70	1,40
Cum…	10,0	17,4	21,4	2,80	0,23	19,68	0,23
Sla…	9,6	16,3	16,5	1,49	1,58	16,08	0,58
Uleo…	4,9	12,9	16,4	1,15	— 2,73	14,34	2,20
Bar…	14,0	19,7	16,9	1,11	6,07	16,57	— 1,61
Ume…	6,2	12,6	16,3	1,46	0,63	14,19	3,23
Pete…	7,1	14,4	17,6	1,03	0,56	16,02	2,80
Jem…	5,2	12,3	14,2	1,99	0,12	12,99	1,64
Spp…	9,7	17,6	19,3	1,46	1,23	17,16	3,68
Kasa…	13,6	17,4	19,5	1,29	5,60	18,32	0,67
Mos…	10,3	18,1	17,8	1,50	4,37	16,90	2,26
Dro…	10,4	15,4	18,3	1,78	1,82	16,33	4,57
Abo…	8,8	14,6	17,6	1,38	2,64	15,72	5,45
Sön…	8,0	11,9	14,3	1,72	3,98	13,35	6,53
Chri…	9,1	14,6	16,9	1,66	3,53	15,78	5,71
Upsal…	9,3	14,8	16,9	1,02	4,00	15,79	5,68
Fort…	8,6	13,2	17,0	1,17	3,84	15,51	7,62
Queb…	12,8	17,8	23,0	1,9	3,9	20,1	6,3
Stoc…	9,1	14,7	17,6	1,67	3,52	16,30	6,40

Druckfehler.

S. 1. Z. 7 v. u. lies: von Licht statt: der Luft.
— 97. — 7 v. u. l. — 15° st. — 10°.
— 109. — 8 v. u. l. groß st. klein.
— 111. — 5 v. u. l. er dem st. er in dem.
— 133. — 14 l. Wärmegraden st. Wärmegegenden.
— 142. — 13 v. u. l. zwischen der Temperatur des Sommers und Winters st. zwischen der mittleren jährlichen Temperatur.
— 145. Z. 12 l. die folgenden st. dieselben.
— 159. — 7 l. aufzuheben st. zu heben.
— 165. — 3 l. in eben diesen Gegenden st. in eben diesen Gebirgen.
— 192. — 3 l. für st. durch.
— 280. — 14 l. mir st. nur.
— 284. — 12 l. ist st. sind.
— 287. — 19 l. an der Erdoberfläche st. von der Erdoberfläche.
— — — 26 l. am Aequator st. vom Aequator.
— 332 — 18 l. Ausstrahlung der Wärme st. Ausstrahlung der Luft.
— 341. — 13 v. u. l. unserer Formel st. unsern Formel.
— 343. — 6 l. magnetischen st. electrischen.
— 353. — 4 l. Rechnungen st. Richtungen.
— 372. — 10 l. Winde st. Wärme.
— 387. — 6 l. Strömung st. Störung.
— 400. — 24 l. Welchen st. Welchem.
— 410. — 5 v. u. setze man mit diesen hinter Dämpfe.
— 462. — 23 l. Ostrande st. Ostwinde.
— 470. — 23 l. Taf. III. Fig. 6. statt Taf. IV.
— 536. — 13 v. u. l. Undulationssysteme st. Modulationssysteme.
— 537. — 26 l. schnelle st. specielle.

ligen Thermom Band II. S. 88 gehörig)

ai	Junius	Julius	A er	Frühling	Sommer	Herbst
8°,5	2°,4	5°,8	,33	—19°,57	3°,14	—17°,96
4,0	0,2	4,4	50	—17,10	1,83	—13,80
5,0	1,1	2,4	03	—14,63	2,05	— 8,30
0,2	....	....	27	—13,17	.....	— 7,30
1,1	4.7	8,7	48	— 5,77	7,57	2,22
1,7	5,5	9,3	44	— 4,99	8,09	— 0,61
2,5	9,7	15,3	1,59	— 3,97	12,80	— 2,69
2,0	4,3	7,2	22	— 1,76	6,11	— 0,50
2,5	5,6	7,9	81	— 2,51	7,56	0,11
3,3	10,0	14,4	1,56	— 4,82	11,48	— 3,91
1,1	4,5	8,1	63	— 1,33	6,38	— 0,12
2,3	6,4	8,3	20	— 2,17	7,70	1,40
0,0	17,4	21,4	2,80	0,23	19,68	0,23
9,6	16,3	16,5	1,49	1,58	16,08	0,58
4,9	12,9	16,4	1,15	— 2,73	14,34	2,20
4,0	19,7	16,9	1,11	6,07	16,57	— 1,61
6,2	12,6	16,3	1,46	0,63	14,19	3,23
7,1	14,4	17,6	1,03	0,56	16,02	2,80
5,2	12,3	14,2	1,99	0,12	12,99	1,64
,7	17,6	19,3	1,46	1,23	17,16	3,68
,6	17,4	19,5	1,29	5,60	18,32	0,67
,3	18,1	17,8	1,50	4,37	16,90	2,26
,4	15,4	18,3	1,78	1,82	16,33	4,57
,8	14,6	17,6	1,38	2,64	15,72	5,45
,0	11,9	14,3	1,72	3,98	13,35	6,53
,1	14,6	16,9	1,66	3,53	15,78	5,71
,3	14,8	16,9	1,02	4,00	15,79	5,68
,6	13,2	17,0	1,17	3,84	15,51	7,62
,8	17,8	23,0	1,9	3,9	20,1	6,3
,1	14,7	17,6	1,67	3,52	16,30	6,40

ller in den Mannh. Ephemeriden bei Brandes l. l.
sten, Neue Abh, der Schwed. Academie XII, 36.
Stunde in den Tafeln.
Erdmann Beiträge zur Kenntnifs des Innern von R
. 18[illegible]) von Schestakof bei Kupffer in Poggend

ügel und Stritter in den Mannheimer Ephemeriden. Nach
Temperatur 5°,01. Bulletin de la Soc. des Nat. de Moscau I
Flora Lapponiae p. XLVI.
) bei Hällström in Poggendorff's Annalen IV, 4(
Ins. S. 79.
ackenitz bei Buch Reise nach Norwegen I, 93; 7jähr. Beob.
arvidenskaberne Heft I, und 3jähr. Beob. (1823—25) von

—1803) von Prosperin, Holmquist und Schilling be
Pflanzengeographie S. 202, und 18jähr. Beob. (1739—57) vo
d. Abh. XIX für 1757. S. 247.
ological register. 4. Washington 1826.
Mém. II, 520. Februar und November sind durch Interpola
werth.
iträge S, 6.

…ius	Julius	August	Septbr.	Dc Frühling	Sommer	Herbst
,1	15°,2	14°,6	12°,5	4°,95	14°,64	6°,34
.1	17,0	16,5	12,0	5,35	15,87	6,87
.9	23,0	20,0	13,5	6,05	20,62	6,84
.2	23,3	22,0	16,0	8,59	21,81	7,21
.1	19,5	19,6	13,1	6,04	19,40	7,22
2	16,9	15,7	12,0	6,05	15,61	7,37
1	22,2	21,3	16,1	7,15	21,21	7,90
5	14,0	16,2	13,4	7,71	14,88	8,02
8	17,7	16,0	13,6	6,08	16,15	7,58
9	11,9	13,0	11,0	6,62	11,92	7,36
7	18,8	17,0	14,6	4,99	17,17	9,21
4	18,3	16,7	13,6	7,57	17,43	7,91
7	18,7	19,1	14,3	6,79	18,82	8,62
1	14,8	13,8	12,0	6,85	13,83	8,62
4	21,9	21,6	15,6	1 8,18	21,31	10,39
4	16,0	14,9	12,1	7,02	14,76	8,74
2	19,3	19,6	15,0	8,13	18,69	8,88
6	14,6	15,3	11,9	7,59	14,51	8,45
5	15,0	13,7	12,4	7,61	14,07	8,32
1	17,6	17,6	14,6	7,41	16,76	9,58
9	17,8	17,3	14,0	8,62	17,01	9,05
4	19,8	18,9	16,0	9,08	19,04	9,43
0	15,2	15,2	13,1	7,94	14,81	9,24
2	14,9	14,9	12,9	8,13	14,34	9,40
5	18,9	18,2	14,0	6,99	18,20	8,18
1	20,9	20,7	15,1	7,86	20,57	9,26
7	18,6	18,4	15,0	8,97	18,25	9,09
0	18,3	18,1	15,0	9,60	17,79	8,99
4	18,7	18,5	14,5	1 9,03	17,86	9,47
8	18,1	18,0	14,0	8,45	18,96	6,87

för Naturvid. Bd. II. und 1826 Heft 2.
eorologie.
bei Buch Canar. Ins. S. 79. und 1825 — 30 von Marshall

efte des Edinb. Journ. of Sc.
bei Buek Hamburgs Clima und Witterung S. 26.
heilt von Schübler.
bei Schön Witterungskunde.
Ann. of phil. XV, 251.
h in den Ann. of phil.
chön's Witterungskunde.
ce in Brewster's Journ. of Sc.
Witterungskunde.
Meteorologie.
g de Veget. et Clim. in Helvet. Sept. p. LXVII.
Clima S. 26.

n Thermometers (Zu Band II. S. 88 gehörig)

	unius	Julius	August	Winter	Frühling	Sommer	Herbst
Midd	9°,4	19°,4	19°,3	1°,10	7°,60	19°,38	9°,73
Lüneb	6,6	18,0	17,1	0,95	8,77	17,25	9,18
Erfur	7,8	19,5	18,6	0,48	8,74	18,62	9,45
Fort	4,6	15,4	16,4	3,75	9,11	15,47	12,18
Midd	5,6	18,1	17,0	1,92	8,43	16,92	9,95
Chur	6,5	18,2	17,7	0,10	10,05	17,45	10,21
Oxfo	4,8	15,9	16,0	3,55	9,07	15,56	10,10
Lanca	4,9	15,1	15,9	3,58	8,72	15,32	10,17
Dubli	...	16,1	....	4,00	8,50	15,34	10,00
Lansin	1,9	21,4	21,0	1,79	8,72	21,43	10,33
Genf	7,3	19,8	18,7	0,75	9,54	18,94	9,66
Alban	9,4	21,7	19,7	1,19	9,60	20,26	10,32
Stra	6,6	18,5	18,1	1,38	9,86	17,82	9,82
Londo	5,6	17,4	17,2	3,22	9,33	16,75	10,01
Frank	7,5	18,8	18,5	1,42	9,73	18,27	9,91
Trier	16,4	18,4	19,5	1,47	9,04	18,11	10,97
Onon	20,5	20,6	22,9	1,35	9,20	21,33	10,51
Prag	18,9	20,5	20,4	0,44	9,75	19,93	10,65
Insel	14,0	15,8	15,5	5,58	8,57	15,10	10,63
Stutt	17,3	19,6	19,3	1,19	9,81	18,73	10,20
Counc	22,7	24,7	24,2	4,61	10,61	23,84	10,80
Zwan	16,6	18,5	18,6	2,46	9,38	17,93	11,26
Mann	19,0	20,2	19,5	1,50	10,41	19,55	9,75
Wien	19,4	20,9	20,7	0,18	10,43	20,36	10,50
Würzb	20,0	20,5	19,6	0,71	10,79	20,04	10,37
Fort	18,7	22,2	21,0	0,19	8,06	20,62	12,90
Carlsr	17,7	19,4	19,2	1,97	10,63	18,74	10,57
Union	19,9	21,3	21,8	0,90	8,71	21,01	11,42
Ofen	20,1	21,7	21,7	0,41	10,61	21,18	10,76
Denain	18,8	20,0	19,2	2,85	10,06	19,32	10,68

ßler's Meteorologie.
el B. Woolwarth in Brewster's Journ. of Sc.
Witterungskunde, und 11jähr. Beob. (1817—27) von Hallaschka in
Beob. 4. Prag 1830.
in Brewster's Edinb. Journ. of Sc. V, 231 u. N. S. II, 230.
dschriftlich von Schübler mitgetheilt.
eteor. register.
Beiträge S. 9.
in den Mannh. Ephemeriden.
Schübler.
de.
teor. register.
n, handschriftlich mitgetheilt von Dr. Eisenlohr.
ont Potter in Brewster's Journ. of Sc.
rasquich bei Wahlenberg Flora Carp. p. XCI, und 1782—95.
Mannh. Ephemeriden.
el bei Cotte Mém. II, 323.

Junius	Julius	August	(	Frühling	Sommer	Herbst
16°,2	15°,8	16°,0	9	9°,25	16°,00	11°,68
17,0	18,6	18,4	9	10,29	18,01	11,26
16,7	18,3	17,5	4	9,89	17,48	11,65
17,5	19,4	20,0	1	10,34	18,96	11,50
17,2	19,1	19,5	6	10,63	18,63	11,79
18,2	19,8	20,0	0	10,72	19,37	11,79
15,0	16,1	16,4	4	9,82	15,83	12,13
17,2	17,3	17,3	3	11,63	17,25	10,86
20,8	24,5	22,4	6	10,68	22,58	12,53
20,9	22,4	22,2	7	10,06	21,86	12,24
20,2	22,4	22,5	3	11,43	21,72	12,26
18,9	19,6	19,1	8	10,98	19,22	11,80
21,8	23,6	23,1	2	12,35	22,82	12,80
21,7	24,4	22,2	5	13,28	22,74	12,12
21,8	24,5	23,1	0	11,69	23,14	12,82
23,4	27,1	24,6	3	9,85	25,01	14,66
21,5	23,7	23,1	4	12,71	22,78	13,80
23,3	25,9	24,7	6	13,24	24,62	13,10
23,4	25,9	23,7	6	13,43	24,33	13,29
22,8	26,4	25,1	7	13,26	24,77	16,84
21,3	23,6	23,7	4	14,08	22,85	16,45
25,4	25,6	24,7	3	15,36	25,20	16,68
20,8	22,3	21,8	2	15,37	21,65	16,92
20,5	22,4	23,2	1	14,78	22,02	18,97
22,2	25,8	27,5	1	15,57	25,16	18,95
24,4	22,5	22,2	6	18,84	23,05	17,44
25,3	27,6	26,6	2	18,89	26,49	19,40
....	....	....	3	19,57	26,24	18,79
22,4	23,5	24,4	2	18,73	23,50	19,62
25,8	27,5	26,8	3	18,96	26,70	19,91

Césaris Mém. de la Soc. Ital. XVIII, 74 (Parte Fisica).
sor. register.
um 20h und 2h angestellt bei Cotta Mém. II, 606. Auf wahre
register.
783—92 in den Mannh. Ephem. u. 1811—1817 in Schouw Pfla
in Brewster's Journ. of Sc. VI, 249.
anzini, und außerdem 1784 und 85 bei Balbi Essai sur Port.
in Schouw Pflanzengeogr. S. 212.
2 von Goulbourn bei Cunningham Neu-Süd-Wales S. 97
Edinb. Journ. of Sc. I, 83.
or. reg.
t's Mittelmeer.
Buch in Poggendorff's Ann. XV, 316. Wegen der versch
lichen Halbkugel s. Bd. I. S. 119 Anm. 29.
eor. register.

ligen Thermometersand II. S. 88 gehörig)

Junius	Julius	August	Septbr	Frühling	Sommer	Herbst
20°,4	22°,5	23°,1	23°,9	18°,03	22°,01	21°,59
27,3	28,7	29,2	25,0	20,77	28,43	19,37
25,1	29,6	30,3	26,6	18,20	28,30	21,49
27,5	27,9	27,8	25,2	21,06	27,73	20,46
24,8	27,6	27,7	25,7	18,75	26,71	23,13
23,3	25,2	26,0	25,2	20,49	24,83	23,42
28,7	29,9	29,9	25,8	23,20	29,46	21,57
27,4	28,4	28,9	27,1	21,93	28,20	23,98
27,1	27,1	26,1	25,8	22,74	26,74	24,05
28,0	29,3	30,1	29,5	23,70	29,15	25,47
25,6	25,6	26,1	25,6	23,47	25,74	25,19
27,7	27,5	28,0	27,2	24,97	27,73	25,71
32,1	34,3	33,6	31,4	23,79	33,33	26,47
....	26,3	....	....	....	.....	....
26,0	24,9	23,2	24,8	28,53	24,71	24,45
28,7	28,5	28,4	27,6	25,16	28,53	25,94
25,2	25,4	25,8	25,8	25,42	25,47	25,87
25,3	25,6	26,1	26,1	26,39	25,65	25,59
28,4	28,4	28,3	28,2	28,67	28,36	26,89
28,3	28,9	26,7	27,0	27,45	28,01	27,33
30,6	31,0	30,6	30,4	29,38	30,78	24,10
26,4	26,1	26,1	25,6	28,61	26,20	26,72
27,5	29,1	28,4	27,9	28,37	28,35	27,14
31,2	29,8	29,3	28,8	28,34	30,10	27,47
32,0	28,7	26,9	28,5	32,64	29,20	28,18

Ferrer 1810—12 bei Humboldt Voyage XI, 264 und Ra[illegible]
Mai.
II, 561, wohl zu niedrig.
Kriel in Brewster's Journ. of Sc. V, 268.
on Traill Asiatic res. II, 421.
rn. of Sc. X, 17.
Travels p. 475—482. Da um 19h und 2h beobachtet wurde, ist[illegible]
der Beobachtungsort gewiß 100 Toisen über dem Meere liegt, so wird [illegible]
mpensirt.
Sierra-Leone-Küste S. 848.
Foggo in Brewster's Journ. of Sc. V, 141.
am in Berghaus Annalen Octbr. 1830. S. 59.
rrative p. 262. Der Februar interpolirt.

Mai	Junius	Julius	inter	Frühling	Sommer	Herbst
1‴,1	1‴,6	1‴,2	1‴,2	1‴,1	1‴,3	1‴,8
1,0	2,0	1,1	2,2	1,5	1,6	2,3
.....	.....	.....	2,5	1,7	.....	1,7
.....	.....	1,3	2,6	......	1,9	2,5
3,4	2,2	2,1	2,3	3,1	2,2	2,4
2,4	3,3	2,0	....	2,7	2,4	2,8
1,4	1,9	1,6	1,3	2,3	1,7	3,0
6,0	3,6	3,3	2,5	4,1	3,2	3,6
3,1	1,9	2,1	5,6	4,3	2,0	3,2
4,0	2,7	1,5	5,7	5,3	2,1	3,3
1,3	2,2	2,3	5,3	3,1	2,6	4,2
4,3	3,6	2,4	6,2	6,0	2,8	4,5
2,5	3,4	3,4	6,1	4,2	3,8	4,4
4,9	4,7	4,4	6,7	5,4	4,3	6,6
6,6	3,8	4,3	8,9	7,9	4,0	7,1
6,6	5,2	3,6	9,2	7,7	4,3	6,9
7,0	4,8	5,3	7,5	8,3	5,1	8,3
5,7	4,2	4,4	0,1	7,6	4,1	7,9
9,2	7,9	6,9	8,0	6,8	7,0	8,6
5,3	6,0	5,6	9,9	7,4	5,4	8,1
7,0	4,9	4,2	0,5	8,2	4,4	7,3
6,3	5,0	4,4	0,2	8,3	4,7	8,1
7,7	6,1	5,6	0,1	8,2	5,8	7,7
7,4	8,5	4,1	0,2	8,1	5,7	7,9
6,6	6,2	5,4	0,3	8,4	5,4	7,9
6,8	8,1	5,7	0,9	7,7	6,3	7,3
7,7	6,0	4,3	1,0	8,7	5,1	8,6
7,0	6,5	4,5	9,5	10,7	5,7	7,8
7,9	7,1	4,9	1,7	9,0	5,5	8,2
5,5	5,7	4,8	1,7	8,7	4,8	8,6

. XLV for 1748. p. 336.

7.

509. Die Beobachtungen wurden täglich zweimal angestellt. In
tionen sehr klein, namentlich gilt dieses vom Winter. Genauere Mit-
swerth.

84.

f Sc. I, 83. Auffallend ist der geringe Einfluß der Jahreszeiten.

, 394. Der Umfang der unregelmäßigen Oscillationen ist sehr klein.
Die Resultate von genaueren Aufzeichnungen sind sehr wünschenswerth.

n Buch in Abh. d. Berl. Acad. 1818. S. 100.

II, 419.

II, 465.

i in Mém. de Turin 1805—1808. p. 20.

in den Mannh. Ephem.

7.

...onen. 333 gehörig)

	Mai	Junius	Winter	Frühling	Sommer	Herbst
...ijon	7‴,4	5‴,8	4‴,3	9‴,0	5‴,0	8‴,6
...ourch	8,0	5,2	4,6	8,8	4,8	7,8
...ag	8,0	6,0	5,8	8,8	5,1	9,4
...fen	7,5	6,2	5,9	9,1	5,8	8,6
...aduc	7,2	6,1	5,9	9,1	5,8	8,7
...isser	8,5	6,5	6,9	9,1	5,8	8,1
...t. M	6,8	6,6	6,3	8,4	6,3	10,0
...igsb	8,1	6,2	6,2	9,5	6,3	9,0
...ten	7,0	6,2	5,9	9,1	5,8	9,6
...ühlh	8,2	6,2	5,3	8,5	5,8	10,0
...etz	8,1	6,5	6,6	9,0	6,2	10,0
...ünch	7,1	6,8	6,2	9,2	6,4	9,3
...opes	8,3	5,8	5,5	9,7	5,7	10,2
...ag	8,7	6,5	6,1	9,6	6,5	10,0
...rdea	8,1	7,3	6,0	9,4	6,2	9,8
... Ess	7,4	7,9	8,4	8,9	6,9	11,5
...mpf	6,3	7,8	7,9	9,8	7,2	10,0
...inon	8,4	7,0	8,5	9,7	7,1	9,8
...gens	8,3	6,9	6,8	10,1	6,6	9,6
...itier	8,5	7,1	5,6	9,7	6,3	11,2
...ntai	9,2	7,0	8,2	10,2	7,9	9,6
...eslai	9,9	6,8	4,0	10,8	6,6	10,1
...gle	10,0	7,4	8,6	10,6	7,9	9,3
...ntes	8,7	7,1	7,8	9,9	6,8	11,1
...gena	8,4	6,8	5,3	11,4	5,9	11,2
...ntm	8,4	7,5	7,1	9,7	7,4	10,8
...Roch	7,9	7,4	6,1	9,8	6,7	10,3
...rtre	8,6	7,4	8,9	9,7	7,1	11,3
...as	8,7	7,3	7,6	10,7	6,9	11,6
...is	9,0	8,2	6,5	10,8	7,6	10,0

Acta Petrop. T. XI ad. ann. 1794. p. 497.

ém. II, 307.

1—75 bei Cotte Mém. II, 522; 1781—87 in den Mannh. Ephem.

ém. II, 510.

Mém. II, 433.

ém. II, 276.

tte Mém. II, 387.

Mém. II, 476.

II, 377.

39.

ém. II, 391. und 9jähr. Beob. von Seignette in den Mannh. Ephem.

23.

m. II, 305.

issart bei Cotte Mém. II, 206.

Mém. II, 492. und 9jähr. Beob. (1818—26) von Bouvard,

	Mai	Junius	Juli Winter	Frühling	Sommer	Herbst
Ma	8‴,1	7‴,6	6‴3‴,8	10‴,2	7‴,3	10‴,7
Bir	9,2	7,4	9,(5,0	10,4	7,5	11,1
Rou	9,3	8,0	8,85,5	10,3	7,7	11,1
Mos	8,1	6,3	6,(3,9	9,9	6,9	12,2
Sag	8,9	7,6	7,15,9	10,9	7,4	11,4
Leyd	8,4	6,8	7,44,1	10,9	7,5	11,9
Cam	8,8	7,7	8,34,4	10,7	8,0	11,1
Fort	7,5	7,9	8,25,6	11,0	8,3	11,3
Hall	8,8	7,9	7,44,1	11,4	7,7	11,5
Berl	9,2	7,6	7,54,7	10,9	7,7	11,5
Ham	9,6	8,6	7,04,2	11,7	7,6	11,4
New	5,1	7,5	4,64,7	12,1	6,4	11,6
Penz	9,9	7,5	9,24,8	11,3	8,3	10,7
Brüi	9,3	8,3	8,04,5	10,9	8,4	11,7
Cam	9,7	8,4	7,34,3	11,7	7,6	11,8
Gött	10,2	7,7	7,64,2	11,6	7,8	11,9
St.	9,8	8,4	7,84,5	11,0	8,5	11,9
Jaku	5,6	7,0	11,94,4	9,5	9,1	16,2
Tome	8,2	6,7	7,44,0	10,7	7,8	13,6
Sidm	9,3	9,2	8,65,3	11,8	8,4	12,0
Brist	9,8	8,5	9,55,1	11,1	8,8	12,3
Haag	10,8	8,0	8,55,5	11,5	8,5	12,7
Zwan	10,1	8,6	8,44,1	12,2	8,5	12,7
Spar	10,9	7,9	9,04,9	11,2	8,7	13,6
Plym	11,2	9,5	6,84,5	12,9	7,9	12,6
Dünk	9,6	8,9	7,64,5	12,0	9,1	13,3
Copen	9,8	8,7	8,64,3	12,1	8,9	13,0
Londo	10,6	9,0	9,04,6	12,5	9,0	12,4
Franc	10,6	9,6	9,44,1	12,0	9,8	12,4
Rotter	9,7	9,3	7,94,7	12,2	8,7	13,5

ı. II, 536.

ɔp. T. X. ad ann. 1792. S. 474. Täglich wurden 4 Beobachtun

n übrigen Orten gewiß nicht zu klein.

Jahren 1734—41 an verschiedenen in der Nähe liegender Orten f

iensk, 6 Monate zu Jeniseisk und 11 Monate zu Krasnojarsk. N

25.

nn. of phil.

279.

Mém. II, 385.

ém. II, 556.

s. LVII, 448, 1 Jahr (1767) von Farr ib. LVIII, 136, und 3jä

of phil.

lém. II, 332.

ei Cotte Mém. II, 313, und 1782—88 in den Mannh. Ephem.

von der Royal Soc. in Phil. Trans und Septbr 1819—Aug. 18

Mém. II, 347.

Mém. II, 530.

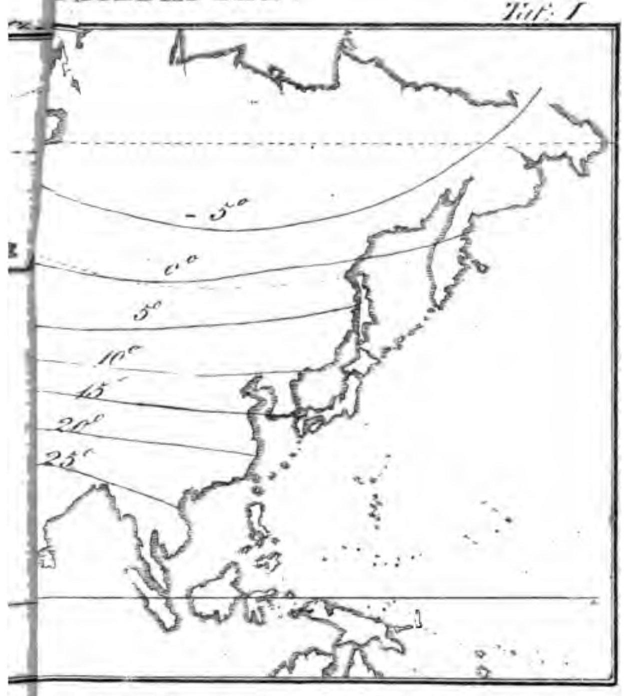
…er… lation II. S. 333 gehörig)

		Mai	…ber	Winter	Frühling	Sommer	Herbst
Warſ…	…,7	11‴,2	…,3	15‴,5	12‴,5	7‴,9	13‴,9
Peter…	…,0	9,9	…7	15,7	11,8	8,4	14,1
Gosp…	…2,0	11,7	…7	15,4	13,6	9,4	12,5
Amſ…	…3,5	9,5	…3	16,0	12,5	8,3	14,1
Mi…	12,4	10,1	…1	17,0	12,1	8,9	13,4
Sp…	12,6	11,3	…9	16,0	11,7	9,1	13,4
Upſ…	13,4	11,8	…3	15,5	13,4	9,3	14,1
Tot…	13,4	10,2	…3	17,0	12,0	9,6	14,1
Leu…	10,8	9,2	…6	16,8	11,8	11,2	13,5
St…	11,3	11,5	…0	16,8	12,0	9,8	14,4
Abe…	11,9	10,3	…2	15,8	12,5	8,8	13,3
Lan…	13,2	11,7	…2	16,7	13,9	10,2	13,7
Edi…	13,6	9,6	…3	16,6	13,6	11,0	14,1
Be…	13,9	11,0	…4	16,5	15,0	10,1	13,9
Na…	13,4	9,8	…2	18,0	13,4	10,8	15,1
Um…	12,8	14,5	…0	17,5	14,6	9,8	15,6
Chi…	13,7	10,7	…2	18,6	15,0	9,8	15,3

91) ᵹwed. Acad. 1763. XXV, 108.
92) f phil.
93)
94) kaberne.
95) . II, 473. Auffallend ist die geringe Größe der Schwankung
96) m mittlern Theil der Vereinigten Staaten einen so großen Ei
97) kter des Continental-Climas hervor. Beob. im Jahre 1772
98) il. Soc. II, 123) in etwa 43° N geben für diesen Ort 15''',04.
99) Berl. Acad. 1818. S. 100.
100) idenskaberne.

ALBKUGEL.

Taf: I



...punctirte Linien angegeben. Die bei jeder ...ertheiligen Thermometers an und ...die freistehenden auf die Isothermen.

Kämtz Meteorologie II. Taf. II.

Fig. 5

N

NO

W

SW

Barometer und abnehmende Wärme

Wolken breiten

Wolken entstanden

Wärme

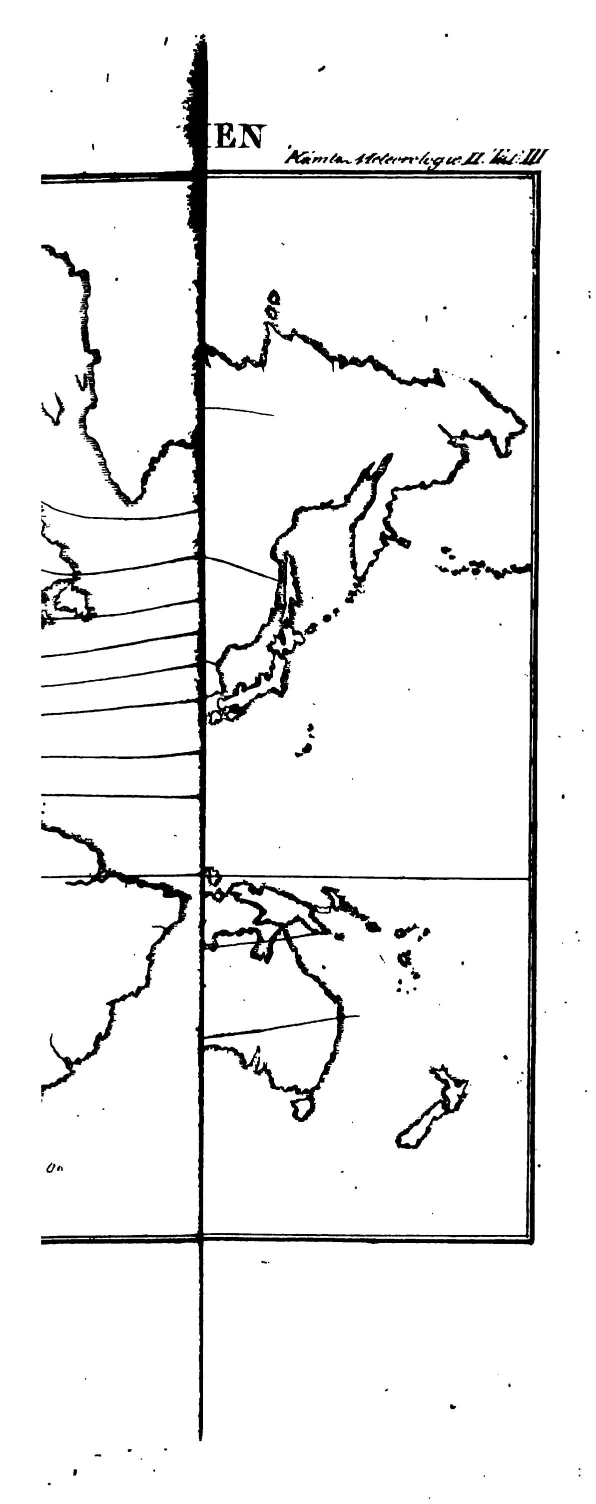
Windrichtung

mittlere

Regen

Wolken

bedeckt


IEN
Kämtz Meteorologie II. Taf: III







